



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
S4 „Interaktionen & Unterrichtsanalyse“**

PHM 6.GYM

FÄCHERKOORDINIERTES UNTERRICHTEN UND INTEGRIERTES PHYSIKPRAKTIKUM MIT EINBEZUG VON IT

Gerda Huf-Desoyer

Christian Stöckl
Gymnasium und ORG St. Ursula-Salzburg

Salzburg, Juli 2006

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG UND AUSGANGSSITUATION.....	5
1.1 Schulische Situation.....	5
1.2 Vorjahresprojekte	5
1.2.1 Schuljahr 2003/04	5
1.2.2 Schuljahr 2004/05	5
1.3 Schulautonome Kürzung der Physikstunden	6
1.4 Zentrale Fragestellungen	6
1.5 Durchgeführtes Projekt im Schuljahr 2005/06.....	6
2 PROJEKT „PHM 6.GYM FÄCHERKOORDINIERTES UNTERRICHTEN UND INTEGRIERTES PHYSIKPRAKTIKUM MIT EINBEZUG VON IT“	7
2.1 Hauptziel	7
2.1.1 Teilziele und Interaktionen	7
2.2 Erwartungen in Bezug auf Ziele	7
2.3 Instrumente zum Überprüfen, ob die Ziele erreicht wurden, die Erwartungen eintrafen	8
3 VERLAUF UND DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTS	9
3.1 Vorbereitungsphase	9
3.2 Klasse 6B.....	9
3.3 Projektstart.....	9
3.4 Vorstellen des Projekts	10
3.5 Projektverlauf	10
3.5.1 Didaktisches Konzept.....	11
3.5.2 Fächerkoordinierte Sequenzen	12
3.6 Feedback und Abschluss	13
4 ÜBERSICHT ÜBER FEEDBACKANTWORTEN, ERFAHRUNGEN UND ERKENNTNISSE	15
4.1 Übersicht über Antworten der 6.B von Fragebogen 1	15
4.2 Übersicht über Antworten der 6.B von Fragebogen 2	15
4.3 Übersicht über Antworten der 6B von Fragebogen 3	15

4.4	Übersicht über Antworten der 6B von Fragebogen 4	18
4.5	Reflexionen der Lehrer zu Ausgangsfragen und Evaluation	21
4.5.1	Christian Stöckl (Mathematiklehrer)	21
4.5.2	Gerda Huf-Desoyer (Physiklehrerin)	21
5	RESÜMEE UND AUSBLICK	23
5.1	PhM 6.GYM	23
5.2	Wie geht es weiter?.....	23
6	LITERATUR.....	24
7	ANHANG	25
7.1	Fragebogen 1 und 2 und statistische Auswertung	25
7.2	Fragebogen 3 und statistische Auswertung	37
7.3	Fragebogen 4.....	45
7.4	Schülerinnenarbeit: Zeit-Weg-Diagramm	46
7.5	Besonders empfehlenswerte Schülerexperimente.....	47
7.6	Schülerinnenarbeit: Formeln umformen	47
7.7	Screenshot mit PHYCON-Interface.....	48
7.8	Bilder aus dem Unterrichtsgeschehen	49

ABSTRACT

Ziel des Projekts war es, fächerkoordinierten Unterricht derart zu gestalten, dass bei Optimierung der Zeitressourcen und unter Verwendung technischer Hilfsmittel (IT) Schülerinnen die Zusammenhänge zwischen Mathematik und Physik erfassen konnten. Die Koordination der Inhalte erfolgte in zehn Themenbereichen für eine 6. Klasse eines Mädchengymnasiums mit schulautonomer Physikstundenkürzung. Im so genannten „Integrierten Physiklabor“ konnten Schülerinnen eigenständig mathematische Theorien anhand physikalischer Versuche aus der Mechanik veranschaulichen. Erprobt wurde ein spezielles „Didaktisches Konzept“. In der Schwingungslehre kam ferner das Computerunterstützte Messsystem PHYCON zum Einsatz. Zeitgewinn erfolgte keiner. Der Lehrstoff wurde durch die Vorgehensweise jedoch auch in Mathematik gefestigt und zum Teil überhaupt erst verstanden. Laut Schülerinnen sollte die Abstimmung des Lehrstoffes und die Zusammenführung der Theorie und der Praxis noch verstärkt und bewusster gemacht werden.

Schulstufe: 6.Klasse AHS, Gymnasium

Fächer: Physik, Mathematik

Kontaktperson: Mag. Dr. Gerda Huf-Desoyer

Kontaktadresse: Gymnasium und ORG St. Ursula-Salzburg, Aignerstrasse 135,
A 5061 Salzburg-Glasenbach, <http://www.ursulinen-salzburg.at>

1 EINLEITUNG UND AUSGANGSSITUATION

In der Gesellschaft haben Mathematik und Naturwissenschaften nicht den Stellenwert, den sie verdienen. Oft wird sogar damit geprahlt, trotz schlechter Leistungen in diesem Bereich beruflich Erfolg erreicht zu haben.

Österreich zählt bei TIMSS zu den Ländern mit den größten Leistungsunterschieden zwischen Mädchen und Buben.

Mädchen besuchen bevorzugt jene Schulformen, in denen Mathematik und Naturwissenschaften, insbesondere Physik, keinen herausragenden Stellenwert haben und auch hinsichtlich der Unterrichtsstunden niedrig dotiert sind. (siehe Krainer, K. (Juni 2005): Das Projekt IMST² als Impulsgeber für das österreichische Bildungssystem – eine Bilanz, Ergebnisbericht IMST² 2000-2004, erstellt im Auftrag des bm:bwk an der Universität Klagenfurt)

1.1 Schulische Situation

Die Schule St. Ursula-Salzburg ist eine nicht koedukativ geführte Schule für ca. 550 Mädchen mit verstärkt sprachlicher Orientierung im Gymnasium, verstärkt musikalischer Orientierung im Oberstufenrealgymnasium und hohem sozialem Engagement. Das Schulgebäude wurde in den letzten Jahren großzügig modernisiert und erweitert. Es weht ein „reformfreudiger Wind“ in der Direktion und im Lehrkörper.

1.2 Vorjahresprojekte

Im Zuge des Umbaus wurde dem herkömmlichen Physiksaal mit aufsteigenden Bankreihen ein etwas größerer Kustodiatsraum von ca. 34 Quadratmetern angefügt. Dieser zusätzliche Raum wurde mit einfachem Mobiliar variabel für Gruppenschülerexperimente ausgestattet.

1.2.1 Schuljahr 2003/04

Im Schuljahr 2003/04 wurde von mir, mit Unterstützung von IMST, unter dem Projektnamen „Physik begreifen – Integriertes Physikpraktikum – Physik des Hörens, Physik des Sehens, Lehre vom Licht“ (1) mit Erfolg in diesen Räumen eine von mir erdachte, handlungsorientierte Arbeitsmethode eingeführt.

Als „Integriertes Physikpraktikumsbetrieb“ bezeichne ich das gleichzeitige Arbeiten einer Klasse in diesen zwei miteinander verbundenen Physikräumen. Während die eine Hälfte der Klasse in Gruppen ein Stoffgebiet experimentell erarbeitet, setzt sich die andere in Stillarbeit mit theoretischen Aufgaben auseinander. In der nächsten Unterrichtseinheit wird gewechselt.

1.2.2 Schuljahr 2004/05

Im Schuljahr 2004/05 wurde unter dem Titel „Frauen und Technik – ausgezeichnete Forscherinnen mit Bezug zu St. Ursula-Salzburg“ (2) ein weiteres IMST-Projekt durchgeführt.

1.3 Schulautonome Kürzung der Physikstunden

Die Anzahl der Physik-Wochen-Stunden in St. Ursula wurde vor zwei Jahren gekürzt:

- zunächst in der Unterstufe durch den Vorschlag des Ministeriums von insgesamt 6 Wochenstunden auf 5,
- und zusätzlich in der Oberstufe schulautonome von insgesamt 7 Wochenstunden auf 6. In der 6. Klasse stehen somit seit 2003/04 nur mehr 2 Wochenstunden im Fach Physik statt der früheren 3 zur Verfügung.

1.4 Zentrale Fragestellungen

- ❖ Wie kann der Lehrer bzw. die Lehrerin der Physik-Stunden-Kürzung optimal begegnen?
- ❖ Ist es sinnvoll, fächerkoordiniert in Physik und Mathematik zu unterrichten, und wie macht man das am besten?
- ❖ Erweisen sich die seit diesem Schuljahr geltenden neuen Lehrpläne als hilfreich für diese Art des koordinierten Unterrichtens?
- ❖ Welche Interaktionen ergeben sich durch fächerkoordiniertes Unterrichten zwischen Lehrer/in und Schülerinnen?
- ❖ Welche Interaktionen ergeben sich durch den „Integrierten Praktikumsbetrieb“ (siehe dazu Erklärung im Kapitel 1.2.1) zwischen Schülerinnen untereinander?
- ❖ Wie beeinflussen die Interaktionen die Dimension schulischen Lernens im Physik- bzw. Mathematik-Unterricht?
- ❖ Ist die Verwendung der durch den Computer unterstützten Messtechnik (speziell PHYCON) zielführend und wenn ja, warum?

1.5 Durchgeführtes Projekt im Schuljahr 2005/06

Mit dem dringenden Wunsch der unbefriedigenden Situation der Stundenreduktion sinnvoll zu begegnen, und durch positive Erfahrungen der Vorjahresprojekte hoch motiviert, reichte ich beim MNI-Fonds gemeinsam mit dem Mathematikkollegen Prof. Mag. Dr. Christian Stöckl das neue IMST-Projekt ein: „PhM 6.Gym - Fächerkoordiniertes Unterrichten und Integriertes Physikpraktikum mit Einbezug von IT“.

MNI steht für „Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung, Didaktik der **M**athematik, **N**aturwissenschaften und **I**nformatik“ (<http://imst.uni-klu.ac.at/mni>).

Die Tätigkeit des MNI-Fonds orientiert sich an mehreren Zielen, unter anderem an der

- Steigerung der Qualität und Attraktivität des Unterrichts in den MNI-Fächern, sowie an der
- nachhaltigen Verankerung und Verbreitung von Unterrichtsinnovationen und guter Praxis wie auch fachdidaktischer Forschungsergebnisse.

Im Projektjahr 2005/06 wurden insgesamt

- 159 Projekte österreichweit genehmigt und gefördert.

2 PROJEKT „PHM 6.GYM FÄCHERKOORDINIERTES UNTERRICHTEN UND INTEGRIERTES PHYSIKPRAKTIKUM MIT EINBEZUG VON IT“

2.1 Hauptziel

- ❖ Bei Optimierung der Zeitressourcen und unter Verwendung technischer Hilfsmittel (Computerunterstütztes Messsystem PHYCON) sollen Schülerinnen die Zusammenhänge zwischen Mathematik und Physik erfassen.

2.1.1 Teilziele und Interaktionen

- ❖ Eine Abstimmung der Lehrstoffverteilung für Physik und Mathematik soll erfolgen sowie laufende Absprache zwischen den Unterrichtenden beider Fächer.
- ❖ Im Physikunterricht sollen mathematische Methoden zum Lösen von physikalischen Aufgabenstellungen verwendet werden.
- ❖ Im Mathematikunterricht sollen physikalische Beispiele gelöst werden.
- ❖ Schülerinnen der 6B sollen selbstständig im Rahmen des „Integrierten Praktikums“ sowohl theoretische Lösungen vornehmen als auch experimentelle Untersuchungen von Ausgangsfragen in Teams durchführen (Themen aus Mechanik und Schwingungslehre).
- ❖ Es soll das computerunterstützte Messsystem PHYCON eingeführt werden.
- ❖ Schließlich soll ein spezielles „Didaktisches Konzept“ (siehe Kapitel 3.5.1) erprobt werden.
- ❖ Andere Mathematik- und Physiklehrende von 6. Klassen sollen von dem Projektprotokoll profitieren können.

2.2 Erwartungen in Bezug auf Ziele

Es wurde Folgendes erwartet:

- dass mit den neuen Lehrplänen ein fächerkoordiniertes Unterrichten von Physik und Mathematik ohne all zu viel zusätzlichen Zeitaufwand machbar ist,
- dass mathematische Vorkenntnisse zum Lösen von physikalischen Aufgabenstellungen seitens der Schülerinnen rechtzeitig verfügbar sind und nicht mehr der Mathematikunterricht dem Physikunterricht „nachhinkt“,
- dass das Anwenden mathematischer Methoden im Physikunterricht zumindest etwas weniger Ablehnung in den Schülerinnen hervorruft als vormals,
- dass umgekehrt anwendungsbezogene Beispiele, speziell mit physikalischen Inhalten im Mathematikunterricht motivierter gelöst werden als bisher,
- dass die Eigenaktivitäten der Schülerinnen im Laborbetrieb, sowie das Anwenden von Wissen in verschiedenen Kontexten ein besonderes Verständnis für Zusammenhänge und ein nachhaltiges Lernen bewirken,

- dass sich konkret das von uns, Kollegen Stöckl und mir, entwickelte und verwendete “Didaktische Konzept” (siehe Kapitel 3.5.1) bewährt,
- dass durch das fächerkoordinierte Unterrichten im besten Fall sogar Unterrichtszeit eingespart werden kann,
- dass (unserem Wunsch entsprechend) tatsächlich andere Mathematik- und Physikkolleg/innen für ihren Unterricht profitieren können.

2.3 Instrumente zum Überprüfen, ob die Ziele erreicht wurden, die Erwartungen eintrafen

- ❖ Beobachtung und Benotung durch die Lehrerin während des „Integrierten Physikpraktikumsbetriebs“
- ❖ Dokumentation des Laborbetriebs durch Schülerinnenprotokolle
- ❖ Tests zum Überprüfen der theoretischen Kenntnisse
- ❖ Schriftliche und mündliche Rückmeldungen der Schülerinnen unter Berücksichtigung der IMST-Leitlinien
- ❖ Klassenbucheintragungen kontrollieren und mit dem Vorjahr vergleichen
- ❖ Videoaufnahme der Messtechnikstunden mit PHYCON

3 VERLAUF UND DURCHFÜHRUNG DES PROJEKTS

Nach der Durchführung von zwei Physik - IMST - Projekten in St. Ursula-Salzburg, - für eine 7. Klasse im Schuljahr 2003/04 (siehe Kapitel 1.2.1) und - für eine 8. Klasse im Schuljahr 2004/05 (siehe Kapitel 1.2.2), war es nahe liegend, für das Projektjahr 2005/06 nun eine 6. Klasse heranzuziehen. Erstmals an dieser Schule sollten zwei Fächer an einem IMST- Projekt beteiligt sein, nämlich Physik und Mathematik.

Die Wahl der Klasse fiel auf die 6.B. Der in dieser Klasse unterrichtende Mathematikprofessor Christian Stöckl erklärte sich auf meine Anfrage hin spontan dazu bereit mitzumachen.

Beim Erstellen des Projektantrags im April 2005 stand mir Mag. Robert Pitzl, IMST-Betreuer der beiden Vorjahresprojekte, hilfreich zur Seite. Ihm sage ich an dieser Stelle besten Dank.

3.1 Vorbereitungsphase

Wir als Unterrichtende (Stöckl als Mathematiklehrer, Huf-Desoyer als Physiklehrerin) begannen das Schuljahr mit einem Vergleich der neuen Lehrpläne für die beiden Unterrichtsfächer. Erkennbare Berührungspunkte führten zu einer groben Jahresplanung, wobei es vor allem die Lehrstoffkapitel des Fachs Mathematik waren, die sich durch geeignete Reihung den Lehrstoffinhalten des Faches Physik anpassen ließen.

Einige parallele Sequenzen wurden von Anfang an ins Auge gefasst, alles Restliche wollten wir laufend absprechen (siehe Kapitel 3.5).

3.2 Klasse 6B

Bei der 6B handelte es sich um eine besonders nette, pflichtbewusste Gymnasialklasse mit 20 Schülerinnen. Etliche talentierte Mädchen zeigten ein besonderes Interesse an Physik. Katharina Wittmann wirkte, trotz ihres jungen Alters von 16 Jahren, bereits 2005/06 beim österreichweiten Physikwettbewerb AYPT (Austrian Young Physicist's Tournament) im Siegerteam sehr engagiert und erfolgreich mit. Durch eine glückliche Fügung hatte ich die meisten Mädchen dieser Klasse auch schon in der zweiten und vierten Klasse Unterstufe, für Hauptfachphysiker eher die Ausnahme, unterrichten dürfen.

Es schien mir daher, aus oben genannten Gründen, als eine sehr verlockende Aufgabe gerade in dieser Klasse ein Projekt durchzuführen.

3.3 Projektstart

Das neue Schuljahr begann Kollege Stöckl in Mathematik gleich mit dem Kapitel Potenzrechnung, und ich fing in Physik mit dem legendären Video „ZEHN^{HOCH}“ (3) an. Ich lehrte über Zehnerpotenzen und deren praktische Bedeutung.

3.4 Vorstellen des Projekts

Am 27.09.2005 stellte ich unter Verwendung einer Unterrichtseinheit in Physik Folgendes vor:

- das Thema
- den Projektrahmen und
- IMST Grundgedanken und Leitlinien (4)

Zusätzlich ließ ich die Klasse unter näherer Erläuterung Fragebogen 1 mit den Fragen zur Auseinandersetzung mit physikalischer Grundbildung (siehe Kapitel 7.1) anonym ausfüllen. Tags darauf füllten die Schülerinnen der 6B im Rahmen des Mathematikunterrichts den Fragebogen 2 mit den Fragen zur Auseinandersetzung mit mathematischer Grundbildung aus (siehe Kapitel 7.1).

Mit den ähnlichen Fragebögen 1 und 2 verfolgten wir eine bestimmte Absicht: Die anfänglichen Erwartungen der Schülerinnen an die beiden Fächer Physik und Mathematik und ihre Einstellungen zu den Unterrichtsgegenständen waren vermutlich unterschiedlich und sollten hinterfragt werden.

3.5 Projektverlauf

Anhand von mehreren thematischen Bereichen wurden wechselseitige Zusammenhänge der beiden Unterrichtsfächer Physik und Mathematik verdeutlicht.

Dabei konzentrierten wir uns vor allem auf folgende Themen:

<u>Physikalische Themen</u>	<u>Mathematische Themen</u>
• Größenordnungen	Zehnerpotenzen
• Umrechnen von SI-Einheiten	Rechnen mit Potenzen
• Formeln Umformen	Rechnen mit Formeln, Gleichungen
• Kinematik	Funktionen
• Verschiebungen, Kräfte	Vektoren
• Kräftezerlegung	Rechnen mit Vektoren, Trigonometrie
• Kräftezusammensetzung	Rechnen mit Vektoren, Trigonometrie
• Arbeit	Skalares Produkt
• Drehmoment	Vektoriell Produkt
• Harmonische Schwingung	Sinusfunktion, Kosinusfunktion

3.5.1 Didaktisches Konzept

Didaktisches Konzept		
Erhebung des Vorwissens aus dem M-Unterricht, bzw. dem Ph-Unterricht		
Einführendes Experiment		
Mathematik	&	Physik
Transfer in den Alltag		
Kooperative Phase der Schülerinnen (Gruppenarbeit im Integrierten Ph-Praktikumsbetrieb)		
Prüfung und Arbeitsprotokoll		

In der Hauptsache kam das oben skizzierte „Didaktische Konzept“ zur Anwendung: Zunächst wurde im Physikunterricht das aus der Unterstufe erworbene Vorwissen der Schülerinnen erhoben (z.B. durch Brainstorming zu $y = kx + d$, eine Formel, bekannt aus dem Mathematikunterricht und $s = vt + s_0$, bekannt aus dem Physikunterricht, oder z.B. Skalarprodukt zweier Vektoren, bekannt aus dem Mathematikunterricht). Darauf aufbauend erfolgte im Frontalunterricht ein einführendes Experiment (z.B. Geschwindigkeitsmessung oder Versuch mit Leiterwagen, siehe Abbildung in Kapitel 7.8). Der Zusammenhang zwischen Mathematik und Physik wurde im nächsten Schritt durch fächerkoordinierten Unterricht, sowie durch ein Tafelbild (siehe Abbildung in Kapitel 7.8, beispielsweise für die zusammenhängenden Begriffe „Arbeit“ und „Skalarprodukt“) herausgearbeitet. Hier konnte mathematischer Lehrstoff mit Physikstoff in Beziehung gesetzt werden. Danach erfolgte der Transfer in den Alltag, indem die Schülerinnen Antworten auf meine Frage „Wozu braucht man das im Alltag?“ suchen mussten. Die Mädchen sollten nun ihr Wissen anwenden und zugleich miteinander kooperieren. Sie lösten im „Integrierten Praktikumsbetrieb“ in Gruppenarbeit bestimmte Aufgaben (z.B. Erstellen eines Zeit-Weg-Diagramms einer zumindest in Abschnitten gleichförmigen Bewegung; siehe dazu Abbildung in Kapitel 7.4; und Suchen einer Geschichte hierzu, oder z.B. Experimentieren mittels Experimentierausrüstung der Firma NTL; siehe Liste in Kapitel 7.5 und Erstellen eines Protokolls). Das praktische Arbeiten wurde anfangs noch ziemlich stark durch die Lehrerin unterstützt, später zunehmend genauer die Zusammenarbeit in der Gruppe und selbstständige Vorgehensweise von mir beobachtet, und als Mitarbeit benotet. Schließlich wurde das Wissen in Mathematik durch Schularbeiten, und in Physik durch Tests in eigens dafür besorgten Testheften, abgeprüft. Im 2. Semester ging auch die Qualität des Versuchsprotokolls, in der Gewichtung vergleichbar mit der Bedeutung eines Tests, in die Endnote ein.

3.5.2 Fächerkoordinierte Sequenzen

Größenordnungen / Zehnerpotenzen.

September: Im Rahmen des Physikunterrichts wurde gleich zu Beginn des Schuljahres das legendäre Video „ZEHN^{HOCH}“ (3) gezeigt, damit die Schülerinnen die Bedeutung von Zehnerpotenzen erkennen konnten. Parallel dazu wurden im Mathematikunterricht Potenzrechnungen und alle Rechenregeln hierzu wiederholt, sowie das Rechnen mit Zehnerpotenzen vorgenommen. Speziell auf das Rechnen mit negativen Potenzen wurde eingegangen.

Umrechnen von SI-Einheiten / Rechnen mit Potenzen

Oktober: Im Physikunterricht erfolgten das Einüben von dezimalen Vorsilben und das Umrechnen von SI-Einheiten. Parallel dazu wurde in Mathematik das Rechnen mit Potenzen auf physikalische Fragestellungen angewendet.

Formeln Umformen / Rechnen mit Formeln, Gleichungen

Das gesamte Schuljahr über wiesen sowohl Kollege Stöckl als auch ich immer wieder darauf hin, wie wichtig es wäre, dass ein gebildeter Mensch aus Formeln, (ob jetzt physikalisch oder mathematisch) Zusammenhänge ablesen könnte. Wir betonten immer wieder, dass eine solche Fähigkeit nur Vorteile im Leben brächte. Im Rahmen des Integrierten Physikpraktikums (siehe Erklärung in Kapitel 1.2.1) wurden darum von jeder Schülerin in ihrer Stillarbeitsphase genau 10 Formeln unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades nach sämtlichen auftretenden Größen umgeformt. Diese sinnvollen Zusammenhänge aus Mathematik und Physik waren einem Mathematikbuch (5) entnommen worden. Das erklärte Klassenziel war es, für den eigenen Gebrauch und für nachfolgende Klassen, eine „Lernkartei Formeln Umformen“ zu erstellen. Jede einzelne Formel samt Umformungen wurde, nach vorgenommener Korrektur, auf eine eigene Karteikarte geschrieben (siehe Beispiel in Kapitel 7.6) und anschließend foliert.

Kinematik / Funktionen

Oktober/ November/ Dezember: Während in Physik das Lesen von Bewegungsdiagrammen, Begriffe wie Anstieg, mittlere Geschwindigkeit und Momentangeschwindigkeit eingeübt wurden und die Schülerinnen anschließend in Gruppenarbeit Weg-Zeit-, Geschwindigkeit-Zeit- und Beschleunigung-Zeit-Diagramme für gleichförmige (siehe Abbildung in Kapitel 7.4) und gleichmäßig beschleunigte Bewegungen erstellten, wurden parallel dazu im Mathematikunterricht Linearfaktoren abgespalten, der binomische Lehrsatz und Zahlenfolgen samt Grenzwert sowie Reihen durchgenommen. (Ausgehend vom Begriff Grenzwert aus der Mathematik wäre es nun ein Leichtes gewesen, die Berechnung der Momentangeschwindigkeit unter Vorwegnahme der Potenzregel des Differenzierens in Physik durchzuführen. Aus Zeitgründen blieben diese Berechnungen 2005/06 leider auf der Strecke.) Im Physikunterricht mussten selbstverständlich auch Verkehrserziehung, Reaktionszeitmessung und theoretisches Lösen von Bewegungsaufgaben ausführliche Behandlung erfahren.

Verschiebungen, Kräfte / Vektoren

Jänner/ Februar: Im Mathematikunterricht wurde die Räumliche Koordinatengeometrie durchgenommen und mit Punkten und Vektoren gerechnet, während zur selben Zeit im Physikunterricht die Kraft als vektorielle Größe eingeführt wurde.

Kräfteaddition, Kräftezerlegung / Rechnen mit Vektoren, Trigonometrie

Februar/ März: Im Physikpraktikum experimentierten die Schülerinnen mit Kräften. Sie „begriffen“ im wahrsten Sinn des Wortes das Kräfteparallelogramm. Die Schülerexperimentierkästen der Firma NTL waren dabei hilfreich. Die Gewichtskraft wurde ferner in zwei Komponenten zerlegt (siehe Abbildung in Kapitel 7.8). Im Mathematikunterricht wurde gleichfalls das Kräfteparallelogramm durchgenommen und folgendes Beispiel unter Verwendung von Sinus- und Kosinussatz gelöst:

Eine Straßenlampe (Gewicht $G = 320$ Newton) soll an zwei Abspannungsdrähten aufgehängt werden, wobei der eine Abspannungsdraht mit $F_1 = 800$ N, der andere mit $F_2 = 840$ N belastet werden soll. Welchen Winkel schließen die beiden Abspannungsdrähte ein? Wie hoch sind die Befestigungen der beiden Drähte anzubringen, wenn die Lampe 6 Meter über der Mitte einer 8 Meter breiten Straße hängen soll? (6) (Lösung: $157,7^\circ$; 6,29m; 7,31m)

Arbeit / Skalares Produkt

Hebelgesetz, Drehmoment / Vektoriell Produkt

Februar/ März/ April/ Mai: Bei diesen beiden Kapiteln konnte leider aus organisatorischen Gründen kein paralleler Unterricht in den beiden Fächern erfolgen. Trotzdem fehlten für den Physikunterricht keine mathematischen Voraussetzungen, denn „Winkel zwischen 2 Vektoren“, sowie „Definition des Vektorprodukts“ und „Flächeninhalt des Dreiecks“ wurden in Mathematik bereits im Februar und März durchgenommen. Kollege Stöckl wählte aus seinem Mathematikbuch (7) Beispiele zur Arbeit aus. Die physikalischen Experimente hierzu folgten erst im April. Dann konnte mit Hilfe eines Leiterwagens die Arbeit als Anwendung des Skalarprodukts „begriffen“ werden (siehe Abbildung Kapitel 7.8) Das passende Tafelbild (siehe Kapitel 7.8) stellte mathematisch Bekanntes der Anwendung in der Physik gegenüber. Besonders verdeutlicht wurde, unter welchen Bedingungen die Arbeit null ist.

Aufbauend auf dem aus der Unterstufe bekannten Hebelgesetz wurde im Mai der Begriff des Drehmoments als Anwendung des Vektoriellen Produkts im Laborbetrieb „erfahren“. Hier kamen wieder die Schülerexperimentierkästen der Firma NTL zum Einsatz.

Harmonische Schwingung / Sinusfunktion

Juli: Kurz vor Schulschluss erhielt ich die Messfühler des durch Computer unterstützten Messsystems PHYCON der Firma PHYWE (www.phywe.de). Die Mädchen führten im Praktikumsbetrieb in Gruppen alle je zwei Schwingungsmessungen durch (siehe Abbildungen in Kapitel 7.7). Es konnten Sinus- und Kosinusfunktion bereits als bekannt voraus gesetzt werden.

3.6 Feedback und Abschluss

Die Schülerinnen der 6B erhielten am 03.05.2006 im Rahmen des Physikunterrichts einen ersten Bewertungsbogen (Fragebogen 3, 1. Feedback zum Projekt, siehe Kapitel 7.2), den sie genau und gewissenhaft ausfüllten.

Ein Überblick über die Feedbackantworten findet sich in Kapitel 4.3, die statistische Auswertung von 1) bis 3) im Anhang Kapitel 7.2.

Die Einführung des durch Computer unterstützten Messsystems PHYCON konnte aus organisatorischen Gründen, wie oben bereits erwähnt, erst knapp vor Schulschluss erfolgen und nur beim Kapitel „harmonische Schwingungen“ Anwendung finden.

Am 05.07.2006 wurden die Mädchen ersucht den Fragebogen 4 (Abschließendes Feedback, siehe Kapitel 7.3, Auswertung siehe Kapitel 4.4) auszufüllen. Das stellte den Abschluss des Projekts dar.

4 ÜBERSICHT ÜBER FEEDBACKANTWORTEN, ERFAHRUNGEN UND ERKENNTNISSE

4.1 Übersicht über Antworten der 6.B von Fragebogen 1

(Fragebogen 1 und statistische Auswertung der Punkte 1) bis 3) siehe Kapitel 7.1)

Die Befragung wurde am 27.09.2005 durchgeführt und beinhaltete Fragen zur Auseinandersetzung mit physikalischer Grundbildung.

Folgende Verbesserungsvorschläge habe ich:

7 Schülerinnen hatten gar keine Verbesserungsvorschläge, 6 Schülerinnen bekräftigten an dieser Stelle nochmals die Bedeutung der IMST-Leitlinien für die Auswahl des Stoffes nach Punkt 1) sowie die Auswahl der Methoden nach Punkt 2), 2 Schülerinnen wollten, dass Gelerntes öfters gemeinsam wiederholt würde, 2 weitere wünschten sich keine Tests. Zwei Mädchen machten zusätzlich konkrete Vorschläge:

- Mehr Lehrausgänge, - Physikunterricht sollte eher auf unsere heutigen, modernen Themen eingehen, - Das All und die Satelliten (ihre Nutzung) Weltraumstationen und die Bedeutung davon für uns Menschen-> mehr davon lernen!

Mehr Physikstunden-> besonders in der Unterstufe-> Urknalltheorie/ Einstein wären besonders interessant

4.2 Übersicht über Antworten der 6.B von Fragebogen 2

(Fragebogen 2 und statistische Auswertung der Punkte 1) bis 3) siehe Anhang 7.1)

Die Befragung wurde am 28.09.2005 durchgeführt und beinhaltete Fragen zur Auseinandersetzung mit mathematischer Grundbildung.

Folgende Verbesserungsvorschläge habe ich:

5 Schülerinnen hatten gar keine Verbesserungsvorschläge, 6 Mädchen äußerten den Wunsch, dass Erklärungen noch ausgeweitet würden und Stoff noch intensiver wiederholt werden könnte, 9 Schülerinnen meinten, dass, wenn Hausaufgaben auf ihre Richtigkeit hin benotet werden, die Möglichkeit des Abschreibens für die Schülerinnen zu verlockend sein könnte. Eine Meinung sei hier zitiert:

Alten Stoff wiederholen, öfter wiederholen!!-> damit Vergessenes wieder ins Gedächtnis gerufen wird. Hausübungen nicht benoten – darauf schauen wer sich bemüht hat! Viel mehr Mathematik auf Alltag bezogen!

4.3 Übersicht über Antworten der 6B von Fragebogen 3

(Fragebogen 3 und statistische Auswertung der Punkte 1) bis 3) siehe Kapitel 7.2)

Die Befragung wurde am 03.05.2006 durchgeführt und stellte das erste Feedback zum Projekt dar.

ad 4)

Was hat bei diesem Projekt gut geklappt?

Kooperation zwischen den Lehrern

Zusammenarbeit von Schüler u. Lehrer

Dass der Bezug zum Mathematikunterricht oft da war

Mathematische Erklärungen für physikalische Gesetze ... im Mathematikunterricht

Die Zusammenarbeit zwischen Mathe & Physik

Dass wir teilweise denselben Stoff, den wir im M-Unterricht 1 Stunde zuvor durchgegangen sind, im Physikunterricht eingebaut hatten.

Es wurde sehr oft parallel mit Mathematik unterrichtet.

Verbinden physikalischer und mathematischer Inhalte in gewissen Themengebieten

Konsequente Arbeit durch Klasse

Experimente, Filme

Zeit, Protokoll

Die Auffassung der Schüler; Verständnis (zb.: Zeichnung, Mathematik)

Was war besonders interessant?

3 Schülerinnen blieben mir hier eine Antwort schuldig, 4 äußerten, dass für sie unsere Beiträge zur Chaostheorie, Mandelbrotmenge, sowie Aktuelles wie über Atomkraft, usw. am interessantesten wären, die Restlichen nahmen vor allem auf das Kapitel „Kräfte“ Bezug und den Praktikumsbetrieb.

Es war sinnvoll das Kräfteparallelogramm fächerübergreifend zu machen, sonst hätte es wahrscheinlich keiner verstanden.

Zehnerpotenzen wurden 2x gefestigt / Kräfte

Mathematisches Wissen etwas mehr praktisch sehen-> Vektorrechnung

In der Gruppenarbeit selbst etw. zu erarbeiten-> KRÄFTEPARALLELOGRAMM

Stoff durch Experimente näher bringen

Das Aufbauen

Ohne Mathematik wäre Physik nie so weit

Es war interessant zu erkennen, dass Physik sehr viel mit Mathematik zusammenhängt.

Was war nicht so gut?

3 Schülerinnen hatten keine Kritik anzubringen. 3 Mädchen war etwas zuviel Mathematik im Physikunterricht vorhanden, dafür zu wenig Gruppenarbeit. Kritisiert wurden auch von einigen die Experimentieranleitungen der Schülerexperimentierkästen der Firma NTL. Einige Wenige fühlten sich anfangs mit dem Protokollieren eher überfordert

Ich habe eigentlich keine Beschwerden

Dass es teilweise große Abstände zwischen den mathematischen und physikalischen Ausarbeitungen gegeben hat.

*Die Zwischenthemen, die dann zu ausschweifend behandelt wurden
Viel zu wenig Stoff !!!!*

Auf welche Weise könnte man das besser machen?

*Mehr Experimente/ Möglicherweise Doppelstunden mit beiden Lehrkräften
Die Zusammenhänge Mathematik/ Physik am Beginn des Kapitels erklären
den Unterricht noch mehr abstimmen, -> selbst erarbeiten!
Mehr Experimente + Gruppenarbeiten
noch mehr praktisch orientiert
z.B. ein Protokoll zuerst mal mit dem Lehrer schematisch erstellen zum
besseren Verständnis (mehr auf Schüler eingehen)
- mehr Referate – nicht so ein Druck wegen Stoff (viel auf einmal)
Mehr Zeit zum Üben!*

Was hat sich in welcher Weise in deiner Einstellung zur Physik bzw. dem Physikunterricht geändert?

Bei sieben Schülerinnen hatte sich die Einstellung zur Physik nicht wesentlich geändert. Die Übrigen hatten sehr wohl einen Unterschied bemerkt.

Es wurde „offener“, nicht mehr nur Frontalunterricht“, wir konnten selbst viel experimentieren

Dass man es tatsächlich irgendwann mal brauchen könnte & dass man M dringend für Physik braucht.

Dass der Physikunterricht nicht immer langweilig sein muss!

Anwendungen in vielen anderen Bereichen

Physik ist besonders wichtig (man kennt/ sieht den Zusammenhang mit Alltagsleben genauer!)

Der Stoff ist heuer durch das Zusammenarbeiten v. M u. Ph leichter zu verstehen gewesen (der Stoff allgemein war ziemlich interessant) und man konnte sozusagen aus zwei Sichten den Stoff sehen.

Der Unterricht war gar nicht so schlecht. Meine Einstellung hat sich zu PH verbessert.

mehr Interesse

Mir wurde bewusst, dass Mathematik ein Weg ist um Physik besser und tiefgründiger zu begreifen.

Meine Meinung:

Das Projekt ist sehr sinnvoll und hilfreich, den Lernstoff besser zu verstehen!

an sich gut, aber wenn jemand Probleme in Mathe hat nicht sehr vorteilhaft, da Mathe nun einen größeren Stellenwert im Physikunterricht hat. Hilft allerdings doch um zu verstehen.

Eigentlich ist es ein gutes Projekt!

Der Grundgedanke ist sehr gut; und es hat sicher etwas bewirkt: man kann sich besser im neuen Stoff zurecht finden, wenn man in einem anderen Fach das schon gelernt hat

Ein guter Gedanke auf dem man aufbauen kann, jedoch muss man an dem Projekt und an der Umsetzung noch arbeiten.

Man verstand den Stoff vom anderen Fach besser. Man ist auch besser geworden.

Man konnte den Zusammenhang „Mathematik – Physik“ gut verstehen (a. anhand der Zeichnungen);

Die Idee war sehr gut, so die weggefallenen Stunden „zu retten“ u. vor allem zu nutzen. Doch manchmal war der Zusammenhang nicht zu erkennen!

Entweder 3 Stunden Ph oder weniger Kernstoff!

Es war oft anstrengend, aber dann doch auch interessant! Seitens der Lehrer steckte auch viel Zeitaufwand (Schreibarbeit) dahinter, der sich aber gelohnt hat.

Man konnte Parallelen zw. Mathematik + Physik erkennen. Ich finde es sehr gut und auch vorteilhaft für uns (Schüler), dass Fächer zusammenhängenden Stoff parallel unterrichten und Lehrer sich darüber absprechen.

Wir haben schöne Projekte gemacht und den Stoff durchgebracht und trotzdem Spaß gehabt

Grundsätzlich eine SEHR GUTE Idee. Wir merken uns den Stoff viel besser, wenn er aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet wird. Sollte auch in anderen Fächern gemacht werden. (z.B. Latein – Geschichte – Kunst Philosophie - Biologie – Chemie etc)

4.4 Übersicht über Antworten der 6B von Fragebogen 4

Die Befragung wurde am 05.07.2006 durchgeführt. Es handelte sich bei Fragebogen 4 (siehe Kapitel 7.3) um das abschließende Feedback zum gesamten Projekt. Das Projekt selbst hatte definitiv in Etappen, über das gesamte Schuljahr verteilt, stattgefunden.

1) Nenne Beispiele, wo du aus dem Mathematikunterricht für den Physikunterricht profitiert hast:

Alle nannten an dieser Stelle die Vektoren, ferner wurden das Rechnen mit Vektoren, dem Skalarprodukt, dem Kreuzprodukt, sowie den Zehnerpotenzen, das Formel Umformen und die Wahrscheinlichkeitsrechnung von mehreren angeführt.

2) Nenne Beispiele, wo du aus dem Physikunterricht für den Mathematikunterricht profitiert hast:

Kräfteparallelogramm

Formeln

Experimente mit Kräften (Leiterwagen) etc. waren eine sehr gute Ergänzung beiderseits

Vektoren

3) Was hast du für deinen persönlichen Alltag aus dem heurigen Mathematik- und Physikunterricht profitiert?

2 Schülerinnen blieben mir eine Antwort schuldig, 2 schrieben *nichts*, alle Restlichen hatten profitiert:

Ich kann mir Dinge, die mich interessieren ausrechnen und verstehe viel mehr.

Allgemeinwissen, - Kombination Mathematik – Physik

Neues Wissen!

Ich habe noch nicht so profitiert, aber vielleicht profitiere ich einmal davon.

Mir wurden tägliche Vorgänge erklärt

Allgemeines besseres logisches Verstehen

Über genaue Alltagsbeispiele die wir in Physikunterricht durchgemacht haben.

Durch auflockernde Alltagsbeispiele habe ich schon sehr profitiert

-> sorgfältigerer Umgang mit elektr. Licht. Weiß wie wichtig Ph in fast jeder Alltagstätigkeit ist ohne dass wir es wissen.

*Im Bereich der Zehnerpotenzen habe ich eine wesentlich bessere Vorstellung/
Auch die Messungen und Messtechniken waren sehr interessant/ Kräfte etc./
Durch Frau Prof. Huf wurde ich animiert an diversen Extrakursen teilzunehmen aus denen ich sehr viel für später mitnehme.*

4) Hast du schon konkrete Berufsvorstellungen? Wenn ja, welche?

7 Schülerinnen hatten noch keine konkreten Berufsvorstellungen, eine würde gerne an der Fachhochschule studieren, eine andere tendierte in kreative Richtung (Design).

Wirtschaftsstudium

Sprachen, Geschichte Archäologie

Vielleicht werde ich Medizin studieren

Kinderärztin

Ergo/ Physiotherapie

1. Hebamme oder 2. Krankenschwester oder 3. Naturwissenschaft studieren

Im Moment gerne Architektur

Keine konkreten-> aber ich würde gerne etwas im naturwissenschaftlichen Bereich machen/ Physikstudium?

5) Was, glaubst du, ist von dem durchgenommenen Stoff, den Methoden, den Erkenntnissen, usw. für deinen späteren Beruf, bzw. Studium davon interessant?

Auch wenn es für den späteren nicht wirklich von Bedeutung ist, ist es doch Allgemeinwissen und man wird es sicher irgendwann brauchen.

Vektoren, Merksätze „Trägheitss...“

Arbeit mit Versuchen und praktischen Beispielen;

Teilweise Elektrotechnik, Magnetismus etc.

Wenn ich Naturwissenschaft studiere, ist für mich M + BU von großer Bedeutung, vielleicht ein bisschen Physik inkludiert, aber eher nicht so. Bei Hebamme könnte die Messtechnik wichtig werden, da ich z.B. den Herzimpuls vom noch nicht geborenen Baby messen muss. Bei Krankenschwestern nicht so.

Wenn ich wirklich Physik studiere sicherlich alles. Aber auch sonst gehört der Stoff meiner Meinung nach zur Allgemeinbildung.

6) Was war von all dem Unterrichteten derart interessant, dass es jeder Maturant wissen und können sollte?

2 blieben die Antwort schuldig, nur eine schrieb *nichts*, die meisten gingen auf konkrete Inhalte ein, wie: SI – Einheiten, Wirkung von Kräften, Dichte, allgemeine Formeln, Leistung, Skalar- und Kreuzprodukt, Zehnerpotenzen, Drehimpuls, Alles rund um den Massenschwerpunkt, Kosmologie, Beschleunigung, Energie, Wirkungen von Kräften.

Ich finde gewisse Themengebiete interessant. -> jedoch nicht alle. Außerdem glaube ich dass man sich vor der Matura nur auf die Fächer die man maturiert vorbereitet und nicht noch einmal für alle Fächer lernt.

Es war eigentlich alles wichtig.

Allgemein Formeln von wichtigen physikalischen Größen.

Allgemeinwissen über jegliche Themen

Wenn man M +/- od. PH studiert, ist alles wichtig, auch wenn man nicht diese beiden Fächer studiert.

7) Ist die Verwendung der durch den Computer unterstützten Messtechnik sinnvoll? Wenn ja, warum?

Alle Mädchen, ohne Ausnahme, stufen die durch den Computer unterstützte Messtechnik PHYCON der Firma PHYWE als sinnvoll ein. Sie begründeten folgendermaßen:

Wir lernen so mit dem Computer umgehen.

Ja, ist leicht zu bedienen + Resultat ist gut sichtbar

Es geht alles schneller als mit der Hand und teilweise auch genauer.

Ja, da sie anschaulicher ist. Aber bei wichtigen Forschungen sollte keine „Glättung“ verwendet werden denn dadurch wird das Ergebnis ungenau und dies kann katastrophale Folgen haben!

Es wird dadurch besser erklärt und man kann sich mehr darunter vorstellen

Einfach, anschaulich gut verständlich Wir leben in einem Zeitalter d. Computer

Weil der Unterrichtsstoff verdeutlicht wurde

Ja, man kennt sich besser aus, übersichtlich, unkompliziert

Ja, auf jeden Fall. Das ist schließlich die Messtechnik der Zukunft und es ist toll so etwas schon mal gesehen und sogar selbst ausprobiert zu haben.

4.5 Reflexionen der Lehrer zu Ausgangsfragen und Evaluation

4.5.1 Christian Stöckl (Mathematiklehrer)

Nach einer Gesprächsrunde zwischen ihm und der 6B Klasse anfangs Mai fasste Kollege Stöckl die Ergebnisse für mich schriftlich zusammen:

Die Idee, den Lehrstoff aufeinander abzustimmen wird besonders dort sehr positiv wahrgenommen, wo mathematische Theorie (z.B. Vektoren) anhand physikalischer Versuche (z.B. Kräfte) und zusätzlichen Erläuterungen verständlich und anschaulich gemacht wird.

Der Lehrstoff wird dadurch gefestigt und zum Teil überhaupt erst verstanden.

Wunsch: Die Abstimmung des Lehrstoffes und die Zusammenführung der Theorie und der Praxis sollte noch verstärkt und bewusster gemacht werden.

4.5.2 Gerda Huf-Desoyer (Physiklehrerin)

Die Rückmeldungen der Schülerinnen waren insgesamt sehr erfreulich und die Zufriedenheit mit dem Projekt ausgesprochen gut. Es macht Mut, in dieser Richtung weiterzuarbeiten.

Das in Kapitel 3.5.1 vorgestellte „Didaktische Konzept“ wurde im Wesentlichen schon in den Jahren vorher im Physikunterricht erprobt. Heuer wurde es lediglich durch zwei Dinge ergänzt: durch fächerkoordiniertes Unterrichten und durch die Messtechnik am Computer. Diese Ergänzungen empfanden die Schülerinnen als durchwegs sinnvoll und das Verständnis fördernd.

Bezug nehmend auf die Rückmeldungen der Schülerinnen komme ich zu folgenden Antworten auf die eingangs (in Kapitel 1.4) gestellten Fragen:

- ❖ Zunächst war der Wunsch vorhanden einer unbefriedigenden Situation, die durch schulautonome Physikstundenkürzung hervorgerufen worden war (nur 2 Wochenstunden im 6. Gymnasium statt 3) sinnvoll zu begegnen. Die Schülerinnen bescheinigten, dass in diesem Schuljahr bei der Auswahl des Lernstoffes in Physik vor allem auf **Alltagsbewältigung** und **Wissenschaftsverständnis** Rücksicht genommen wurde.

Bei dem Projekt lag der Schwerpunkt in der Methodenwahl. Berücksichtigt wurden hier vor allem:

**Anknüpfen an Vorwissen und Erfahrungen,
erfahrungsgeleitetes Lernen,
Wissen in verschiedenen Zusammenhängen anwenden lernen,
in sozialem Umfeld lernen (Gruppenarbeit), und
mit Unterstützung des Lehrers lernen.**

- ❖ Es gibt durchaus Sinn, fächerkoordiniert zu unterrichten. Diese Tatsache ist längst bekannt. Wir wollten mit unserem Projekt sicherlich nicht „das Rad neu erfinden“, sondern anhand der neuen Lehrpläne die Machbarkeit erproben.

Das scheint uns geglückt! Trotzdem, an der konkreten Umsetzung lässt sich in Zukunft noch Einiges verbessern.

- ❖ Die seit diesem Schuljahr geltenden neuen Lehrpläne für die 6. Gymnasialklasse erwiesen sich als sehr hilfreich bei der Umsetzung von fächerkoordiniertem Unterricht. Die mathematischen Vorkenntnisse der Schülerinnen zum Lösen von physikalischen Aufgabenstellungen waren rechtzeitig vorhanden. Mathematikunterricht „hinkte nicht dem Physikunterricht hinterher“. Mir ist auch bekannt, dass beim Erstellen der neuen Lehrpläne bereits auf Erkenntnissen von IMST aufgebaut worden war.
- ❖ Betreffend **Interaktionen** möchte ich Folgendes festhalten: Ich persönlich sah in den neuen Unterrichtssituationen eine ausgesprochene Bereicherung, die auch mir als Lehrerin Spaß machte. Manche Bemerkungen der Schülerinnen im Unterricht ließen mich aufhorchen, wie z.B.:

Das haben wir gerade zur letzten Mathe-Schularbeit gehabt!

Genau das haben wir heute in der Mathestunde gelernt!

- ❖ Der durch laufende Absprachen bedingte zusätzliche Zeitaufwand für uns fächerkoordiniert unterrichtende Lehrpersonen, hielt sich in vernünftigen Grenzen. Die Interaktionen erfolgten ausschließlich in gemeinsamen Pausen und in insgesamt zwei gemeinsamen Freistunden. Wer Professor Stöckl kennt, weiß, dass er ein „Sekundenmanager“ ist. Zusätzlich zu seiner halben Lehrverpflichtung ist er Bürgermeister der Stadt Hallein und inzwischen einer der höchsten ÖVP-Politiker im Lande Salzburg. Mit ihm zusammenzuarbeiten war mir ein Vergnügen.
- ❖ Der Wert des Experimentierens, vor allem des eigenen Experimentierens und der Gruppenarbeit im „Integrierten Praktikum“ steht auch bei den Schülerinnen außer Zweifel. Dieser Betrieb sollte noch weiter ausgebaut werden.
- ❖ **Alle Mädchen konnten Beispiele nennen, wo sie aus dem Mathematikunterricht für den Physikunterricht profitiert hatten und umgekehrt.** Im Jahreszeugnis hatte keine Schülerin ein Nicht Genügend. Der **Notenschnitt** in den beiden Fächern war jeweils **hervorragend**. Mit Ausnahme von nur vier Schülerinnen waren auch alle der Überzeugung, sie hätten aus dem besprochenen Unterricht für ihren persönlichen Alltag Nutzen gezogen, einige möglicherweise für ihren späteren Beruf.
- ❖ Die durch den Computer unterstützte Messtechnik, speziell **PHYCON**, wurde nicht nur von den Schülerinnen ausnahmslos **als sinnvoll eingestuft**. Ich persönlich schätze insbesondere an diesem System, dass es sehr rasch und unkompliziert aufzubauen geht, leicht zu bedienen und so gut verständlich ist, dass keine Extravorführung durch „Experten“ von mir bezahlt werden musste. Die angeschaffte Software konnte, ohne Zusatzkosten, von den Schülerinnen für deren Auswertungen genutzt werden.

5 RESÜMEE UND AUSBLICK

5.1 PhM 6.GYM

Die in Kapitel 2.1 angeführten, selbst gesteckten Ziele wurden erreicht. Der durch das Projekt für beide Fächer verursachte Gewinn, eindeutig erkennbar anhand positiver Rückmeldungen, hat mir Mut gemacht, in dieser Richtung weiter zu arbeiten.

Schülerinnen bestätigten, sie profitierten von dieser Art des koordinierten Unterrichts und des selbstständigen Arbeitens in Gruppen im Praktikum. Computerbasierte Messdatenerfassung ist zeitgemäß, macht Spaß, und diese Fertigkeit wird möglicherweise im späteren Beruf von Nöten sein, bzw. einen Wettbewerbsvorteil darstellen.

Die in Kapitel 2.2 formulierten Erwartungen wurden alle erfüllt, mit nur einer Ausnahme: **Gegenüber den beiden Vorjahren konnte** heuer durch die neue Methode des fächerkoordinierten Unterrichts **nicht nennenswert Unterrichtszeit eingespart werden**. Anderer Physiklehrstoff konnte deshalb auch bei weitem nicht so gründlich wie die Mechanik behandelt werden. Hingegen bieten die neuen Lehrpläne tatsächlich eine Chance, die Vorgehensweise in den beiden Fächern Mathematik und Physik besser als vorher aufeinander abzustimmen.

Aus dem Projekt geht schließlich eine Empfehlung für eine Grobstruktur der Lehrstoffverteilung und Lehrstoffgewichtung hervor (siehe Kapitel 3.5.2). Von dieser können zukünftige Mathematik- und Physikunterrichtende der 6. Klassen AHS für ihren eigenen Unterricht und ganz im Interesse der Schüler/innen, meine ich, profitieren.

Ich habe mich über die neuerliche Kooperation mit IMST3 und MNI gefreut. Ich danke dem Betreuungsteam, insbesondere der verständnisvollen, kompetenten Frau Mag. Ilse Bartosch. Toll finde ich es, dass für uns Lehrer und Lehrerinnen ein solches, sehr notwendiges Unterstützungssystem existiert.

5.2 Wie geht es weiter?

Es ergibt Sinn, in der eingeschlagenen Richtung weiter zu arbeiten. Ich hoffe sehr darauf, dass ich Christian Stöckl auch für einen fächerkoordinierten Unterricht in der siebenten Klasse gewinnen kann. Vielleicht gelingt es uns gemeinsam, auch andere Kollegen und Kolleginnen von den Vorteilen dieser Art des Unterrichtens zu überzeugen und ins Team herein zu holen! Ferner lässt sich das erprobte „Didaktische Konzept“ von Kapitel 3.5.1 weiter ausbauen und verfeinern.

Niemand zweifelt es an, dass wir im Technischen Zeitalter leben. Technische Errungenschaften gehören zur Grundlage unserer Kultur und unseres Wohlstandes! Viel Unfug wird durch technische Unkenntnis getrieben! Man sollte nicht müde werden, darauf hin zu weisen, dass, warum und in welcher Weise die Ausbildung unserer Jugend in Physik als Grundlage und in Naturwissenschaften insgesamt eine ganz wesentliche Bedeutung für eine moderne, zukunftsorientierte Gesellschaft darstellt.

Keiner sollte so unbesonnen sein, einer möglichen weiteren, total kontraproduktiven und verantwortungslosen Stundenreduktion im „schwierigen“ Unterrichtsfach Physik zuzustimmen!

6 LITERATUR

- (1) HUF-DESOYER, G. (2004). Physik begreifen, Integriertes Physikpraktikum. Physik des Hörens, Physik des Sehens, Lehre vom Licht. Innovationsbericht im Rahmen von IMST²/S1. IFF: Salzburg. Siehe:
http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2004/327_endbericht_huf.pdf
http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2004/326_kurzfassung_huf.pdf
(16.09.06)
- (2) HUF-DESOYER, G. (2005). Frauen und Technik. Ausgezeichnete Forscherinnen mit Bezug zu St. Ursula-Salzburg. Innovationsbericht im Rahmen von IMST3/S1. IFF. Salzburg. Siehe:
http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2004/s1_i_schulestursula_lang_021204.pdf
http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2004/s1_i_schulestursula_kurz_021204.pdf
(16.09.06)
- (3) Video (1987) Zehn^{Hoch}. Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag.
- (4) IFF (Hrsg.) (2003). IMST² Jahrgang 2/ Ausgabe 8/ Winter 2003/04 Sonderteil Grundbildung. Klagenfurt : Im Auftrag des BMBWK. IFF.
- (5) NOVAK, J. & al. (1989). Mathematik Oberstufe Band 1. Wien: Reniets Verlag, 52-54.
- (6) NOVAK, J. & al. (1991). Mathematik Oberstufe Band 3. Wien: Reniets-Verlag.
- (7) REICHEL, H. & MÜLLER, R. & HANISCH, G. (2002). Lehrbuch der Mathematik 6. Wien: öbv & hpt Verlag.
- (8) SEXL, WESSENBERG, RAAB (2004). Physik 5. Wien: öbv & hpt Verlag.
- (9) SEXL, WESSENBERG, RAAB (2005). Physik 6. Wien: öbv & hpt V
- (10) RATH, G. (2005). MPh5 – Mathematik - Physik in der 5. Klasse Realgymnasium koordiniert unterrichten. Innovationsbericht im Rahmen von MST3/S1. IFF. Graz. Siehe:
http://imst.uni-klu.ac.at/materialien/2004/337_endbericht_rath.pdf
(16.09.06)
- (11) KRAINER, K., DÖRFLER, W., JUNGWIRTH, H., KÜHNELT, H., et al. (Hrsg.)(2002): Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST². Innsbruck, Wien, München, Bozen: Studienverlag
- (12) JUNGWIRTH H., STADLER H.(2003): Innovationen in Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht Band 2, Ansichten – Videoanalysen zu Lehrer/-innenausbildung. Innsbruck, Wien, München, Bozen: Studienverlag.
- (13) KIRCHER E., SCHNEIDER W. B. (2002): Physikdidaktik in der Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- (14) KRAINER K. (2005), Das Projekt IMST² als Impulsgeber für das österreichische Bildungssystem – eine Bilanz. Ergebnisbericht IMST² 2000 – 2004. Im Auftrag des BMBWK. IFF: Klagenfurt.

7 ANHANG

7.1 Fragebogen 1 und 2 und statistische Auswertung

Fragen zur Auseinandersetzung mit physikalischer Grundbildung 27.09.2005

- 1) Bei der Auswahl von physikalischen Lerninhalten ist mir wichtig (kreuze an!):

	trifft genau zu				trifft gar nicht zu
Weltverständnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kulturelles Erbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alltagsbewältigung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anwendung von theoretischen mathematischen Grundlagen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesellschaftsrelevanz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wissenschaftsverständnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Berufliche Orientierung und Studierfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- 2) Bei der Auswahl von Methoden im Physikunterricht ist mir wichtig:

Anknüpfen an Vorwissen und Erfahrungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anwendungsbezogenes Lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erfahrungsgeleitetes Lernen (Schülerexperimente, Referate, selbstständiges Erarbeiten des Stoffes)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wissen in verschiedenen Zusammenhängen anwenden lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Messtechnik und Auswertungen mit Computer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In sozialem Umfeld lernen (Gruppenarbeiten)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mit Unterstützung des Lehrers lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- 3) Persönliche Stellung zur Physik und zum Physikunterricht:

Physik interessiert mich ganz besonders	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Physik ist ein wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In meinem Berufsleben werde ich mit Physik zu tun haben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Physik halte ich für besonders schwer verständlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mit dem bisherigen Physikunterricht war ich zufrieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Folgende Verbesserungsvorschläge habe ich:

Fragen zur Auseinandersetzung mit mathematischer Grundbildung 28.09.2006

- 1) Bei der Auswahl von mathematischen Lerninhalten ist mir wichtig (kreuze an!):

	trifft genau zu				trifft gar nicht zu
Weltverständnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kulturelles Erbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alltagsbewältigung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lösen von physikalischen Beispielen mit mathematischen Methoden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesellschaftsrelevanz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wissenschaftsverständnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Berufliche Orientierung und Studierfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- 2) Bei der Auswahl von Methoden im Mathematikunterricht ist mir wichtig:

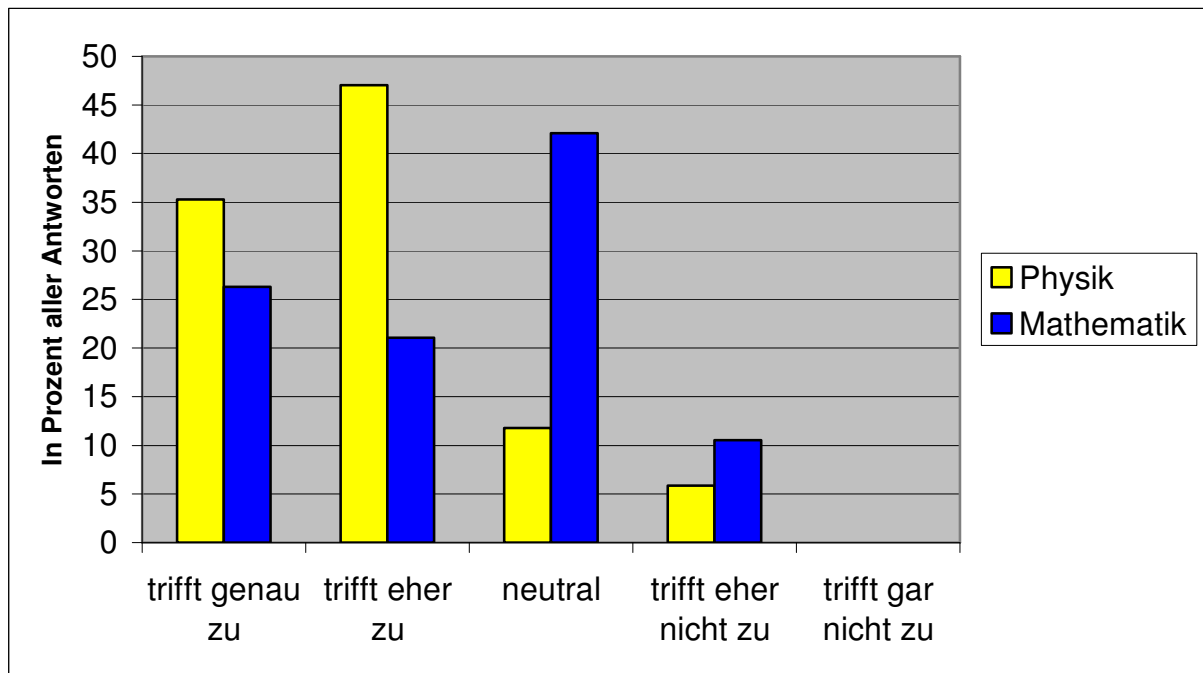
Anknüpfen an Vorwissen und Erfahrungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anwendungsbezogenes Lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erfahrungsgeleitetes Lernen (Schülerexperimente, Referate, selbstständiges Erarbeiten des Stoffes)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wissen in verschiedenen Zusammenhängen anwenden lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Messtechnik und Auswertungen mit Computer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In sozialem Umfeld lernen (Gruppenarbeiten)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mit Unterstützung des Lehrers lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- 3) Persönliche Stellung zur Mathematik und zum Mathematikunterricht:

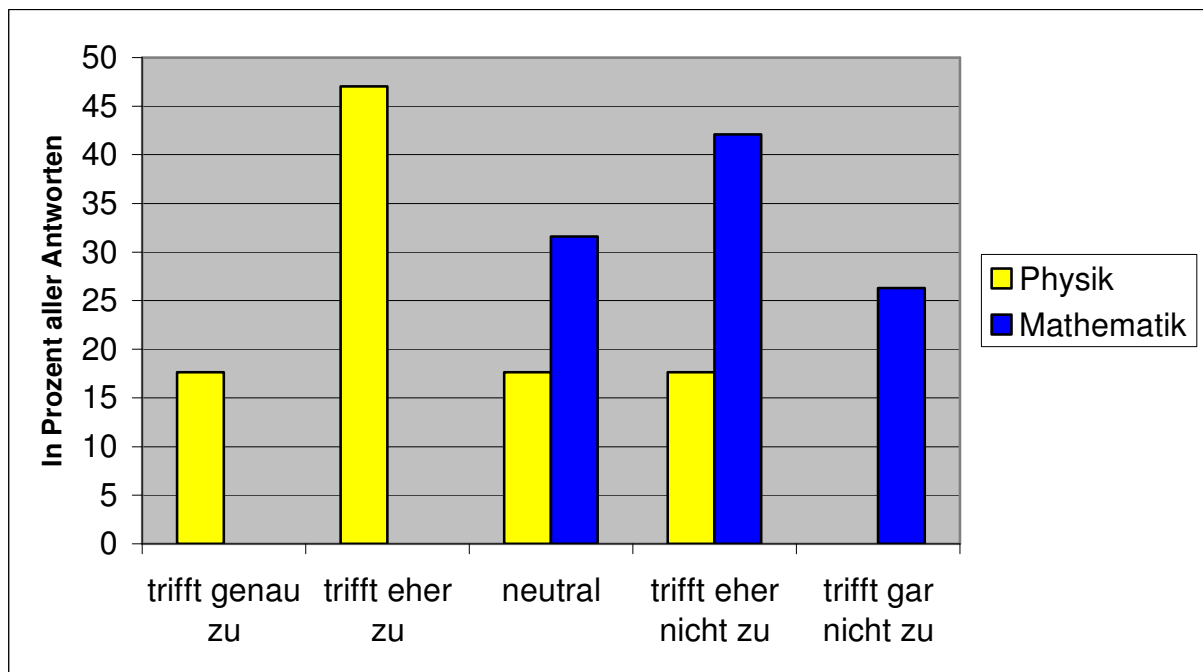
Mathematik interessiert mich ganz besonders	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mathematik ist ein wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In meinem Berufsleben werde ich mit Mathematik zu tun haben	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mathematik halte ich für besonders schwer verständlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mit dem bisherigen Mathematikunterricht war ich zufrieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Folgende Verbesserungsvorschläge habe ich:

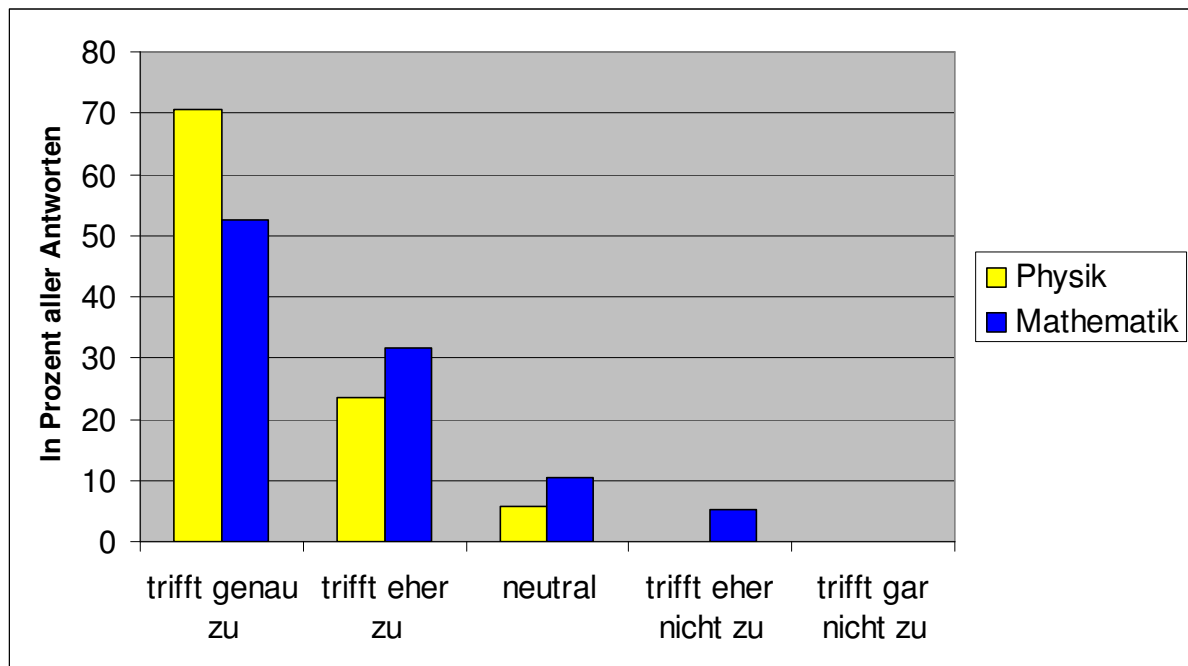
1) Bei der Auswahl von physikalischen / mathematischen Lerninhalten ist mir wichtig
Weltverständnis



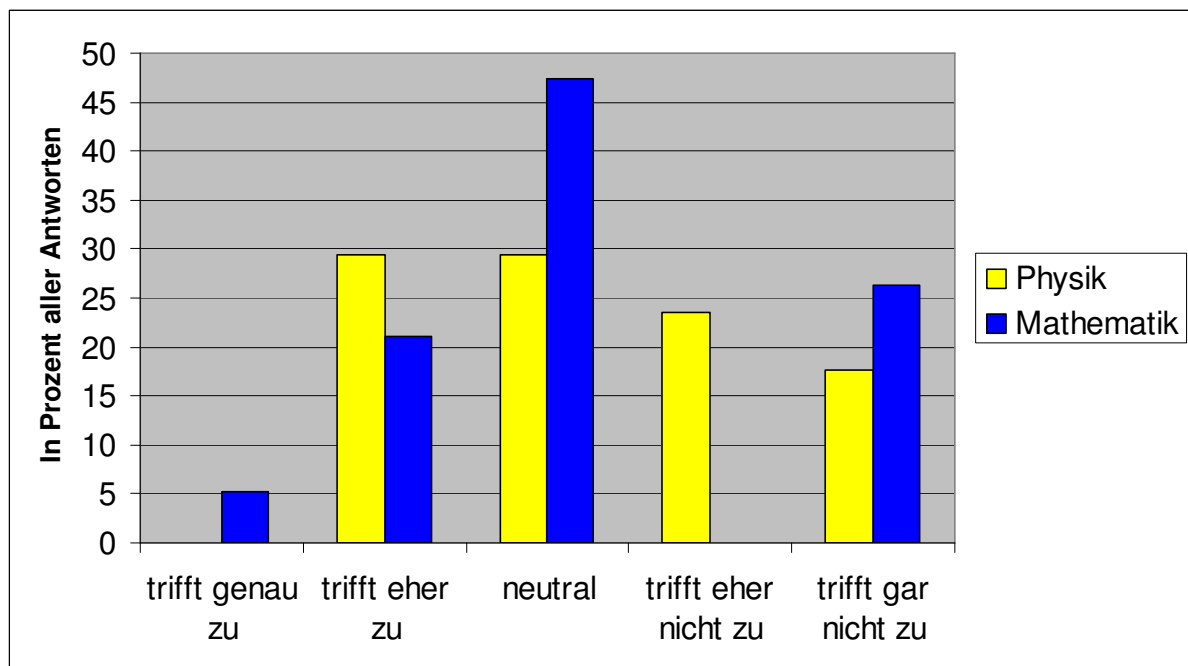
Kulturelles Erbe



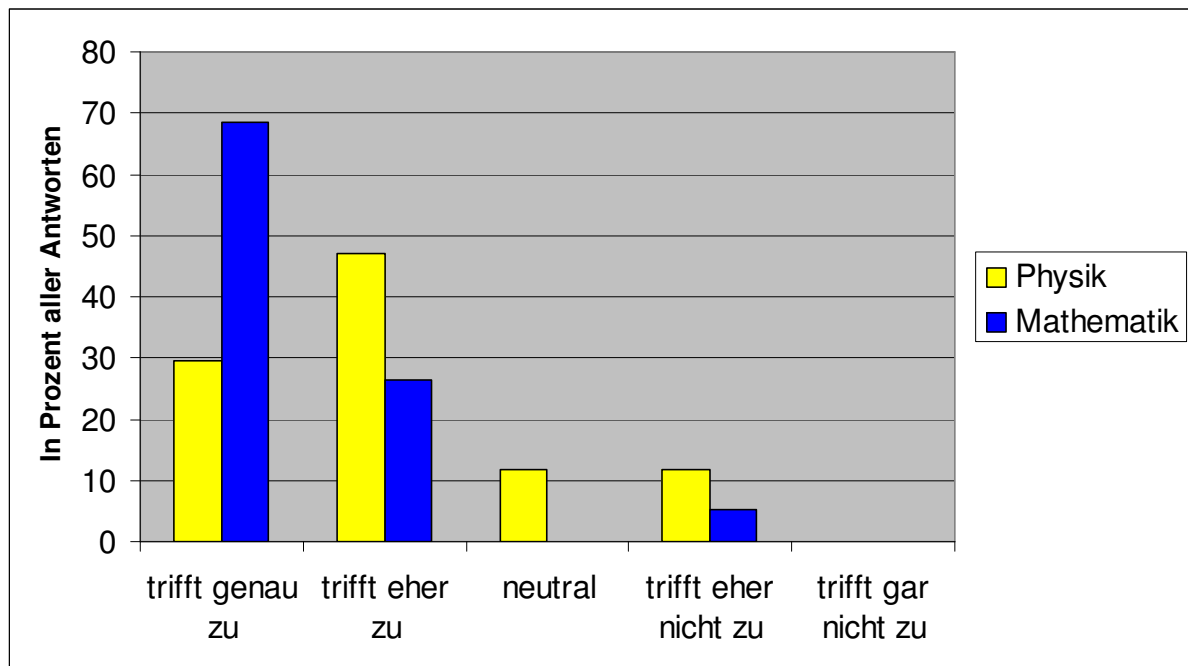
Alltagsbewältigung



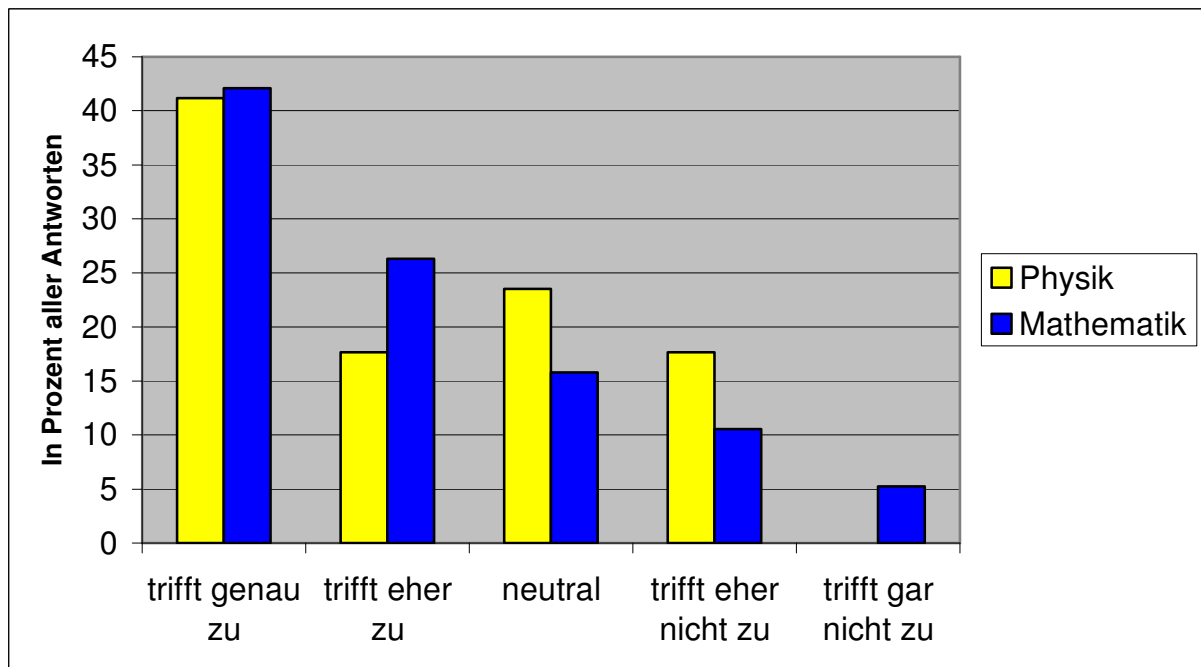
Anwendung von theoretischen mathematischen Grundlagen / Lösen von physikalischen Beispielen mit mathematischen Methoden



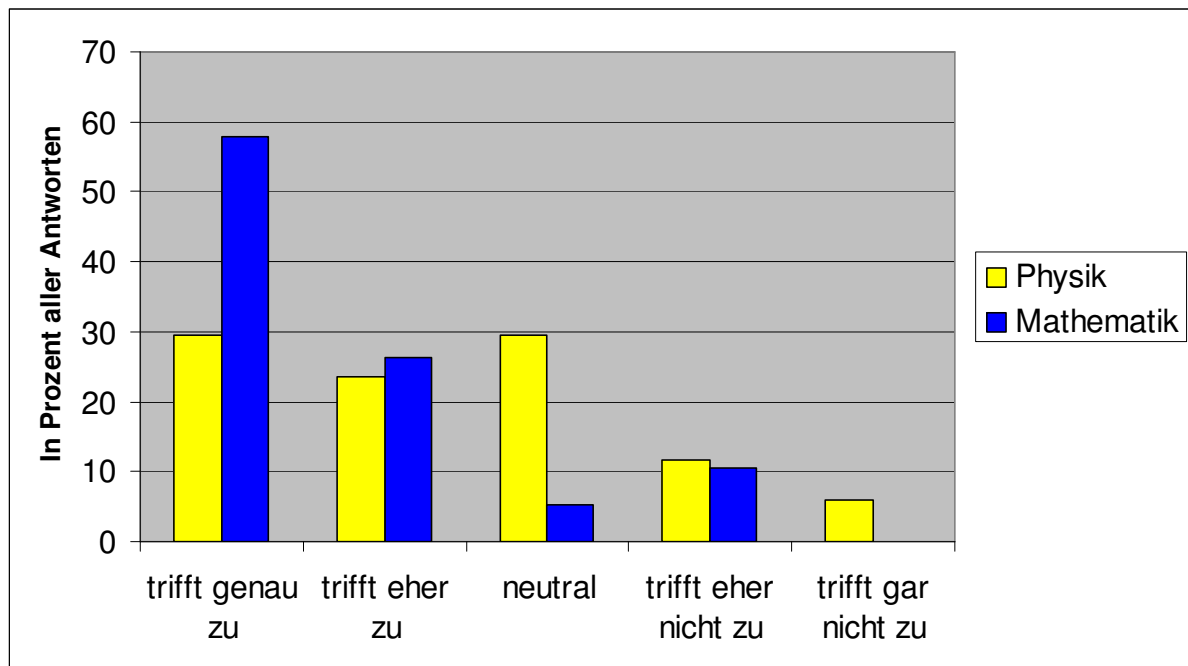
Gesellschaftsrelevanz



Wissenschaftsverständnis

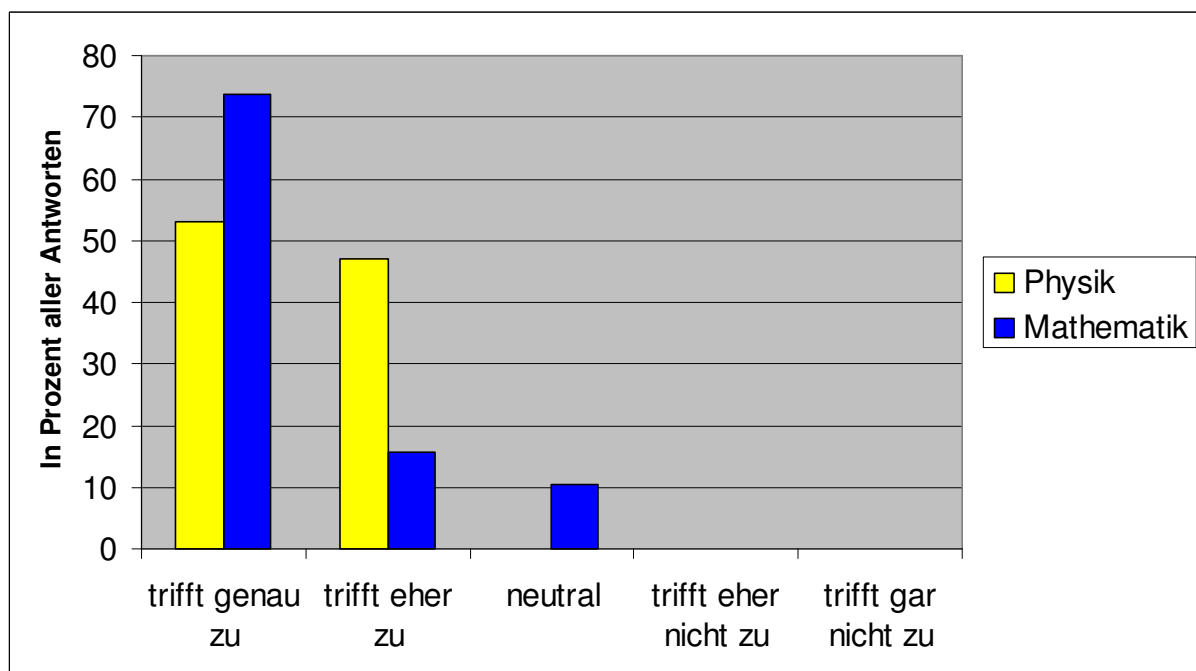


Berufliche Orientierung und Studierfähigkeit

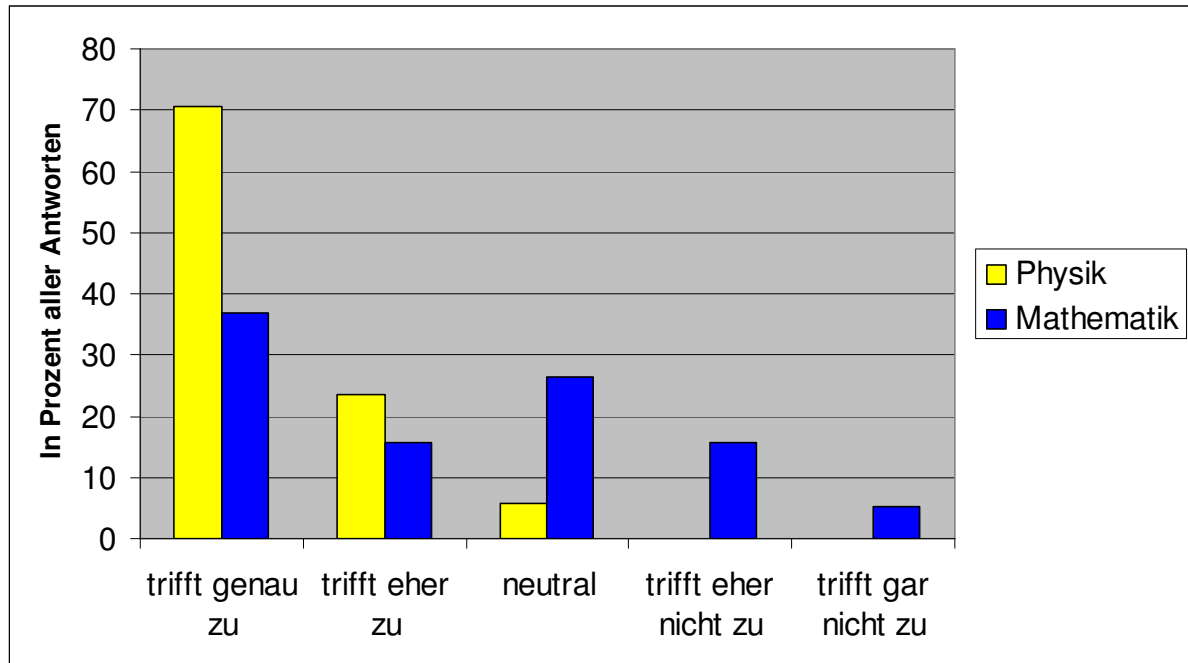


2) Bei der Auswahl von Methoden im Physik- / Mathematik-Unterricht ist mir wichtig

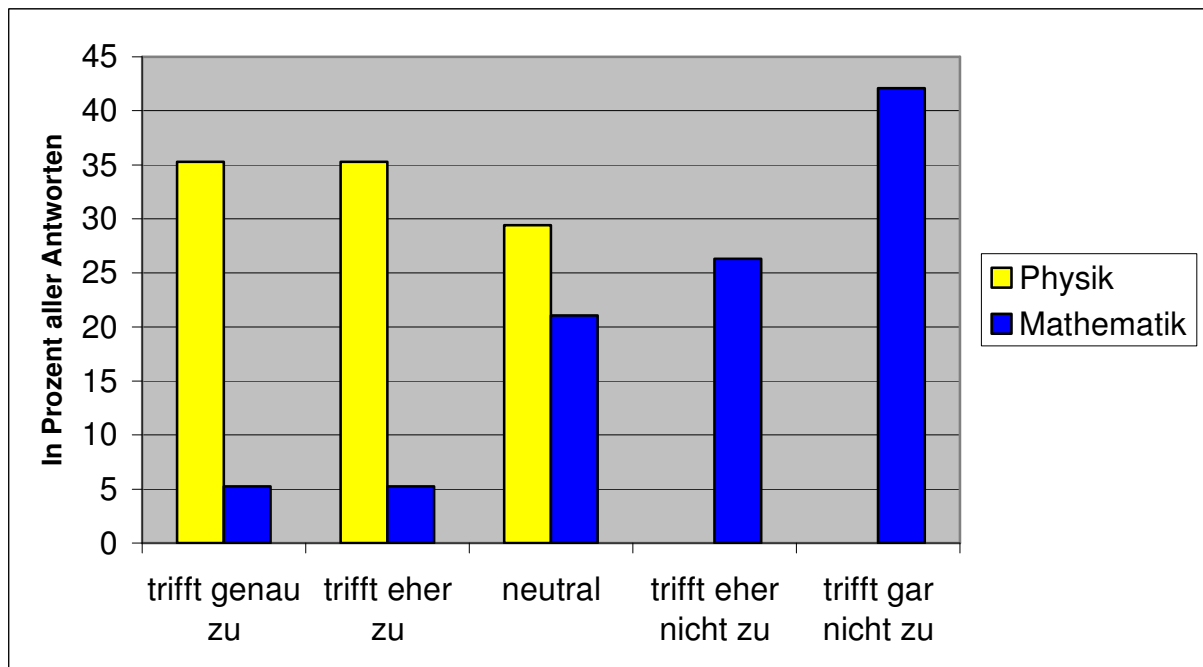
Anknüpfen an Vorwissen und Erfahrungen



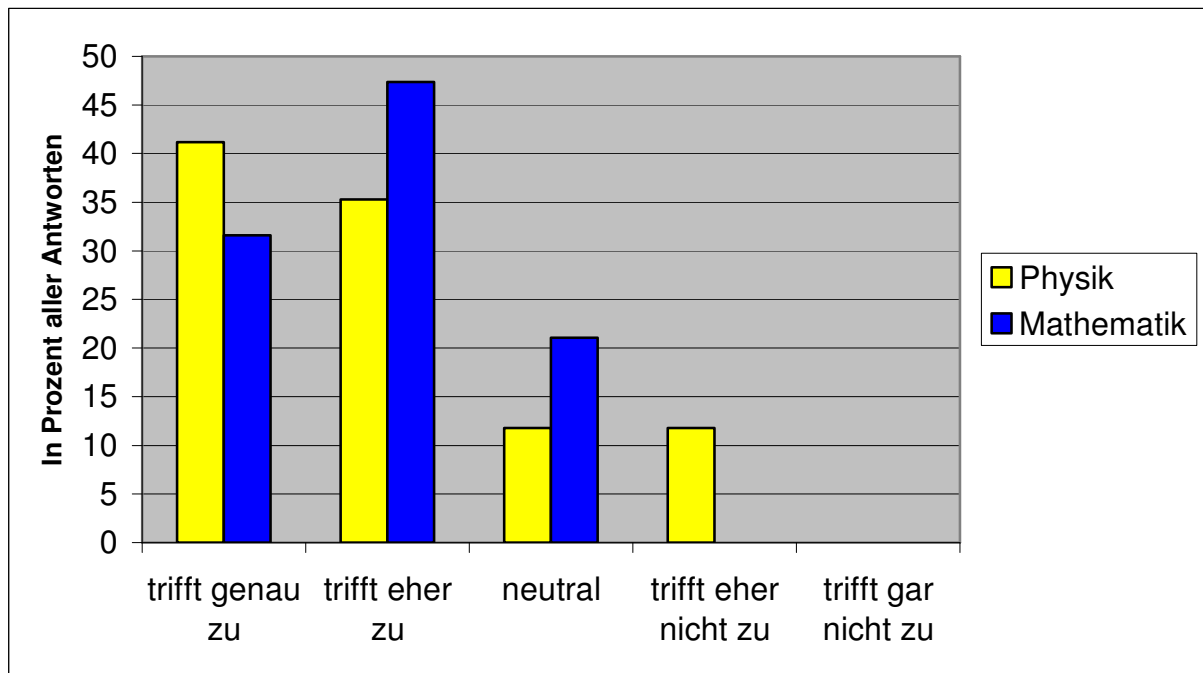
Anwendungsbezogenes Lernen



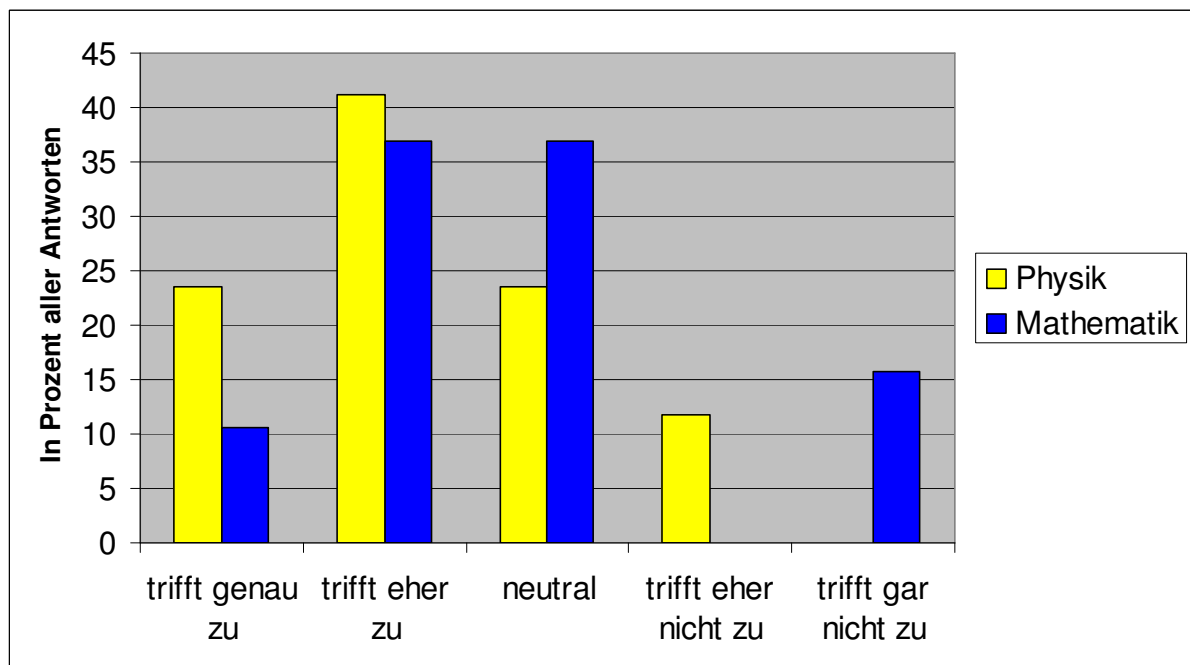
Erfahrungsgeleitetes Lernen



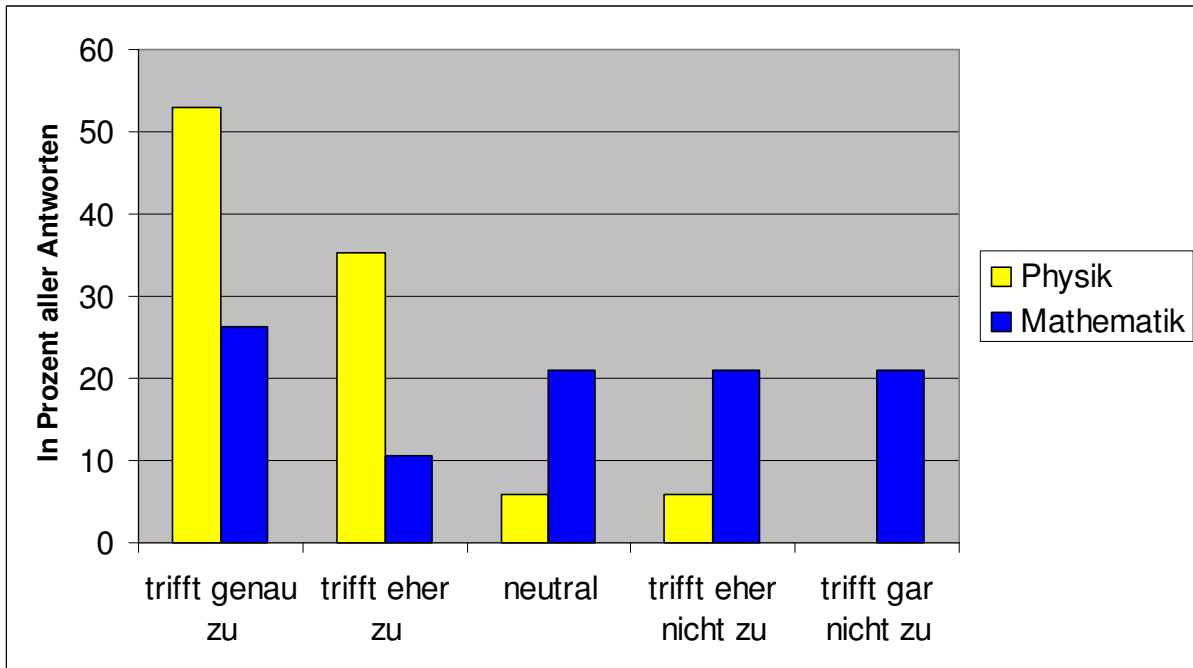
Wissen in verschiedenen Zusammenhängen anwenden lernen



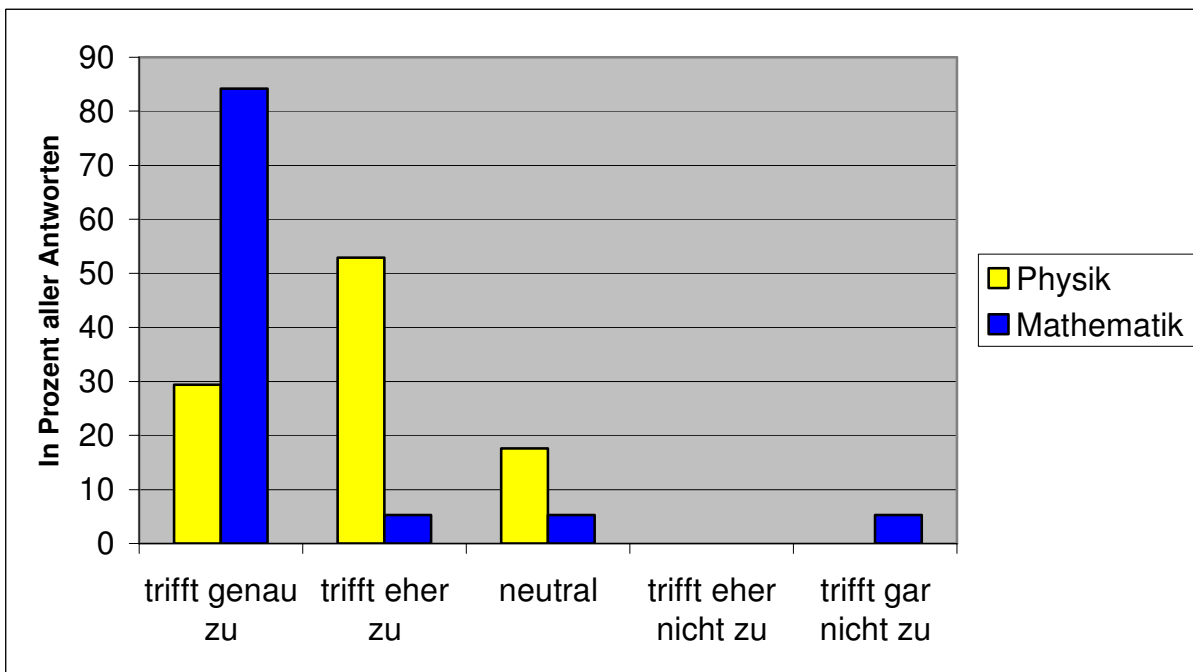
Messtechnik und Auswertung mit Computer



Im sozialen Umfeld lernen (Gruppenarbeit)

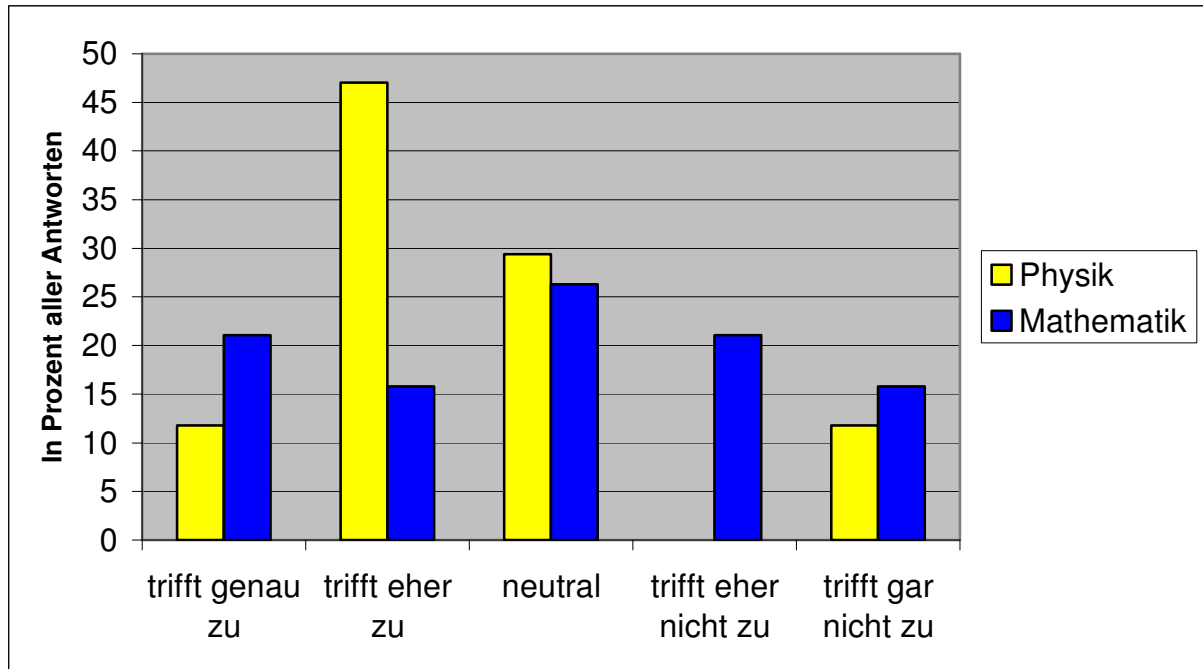


Mit Unterstützung des Lehrers lernen

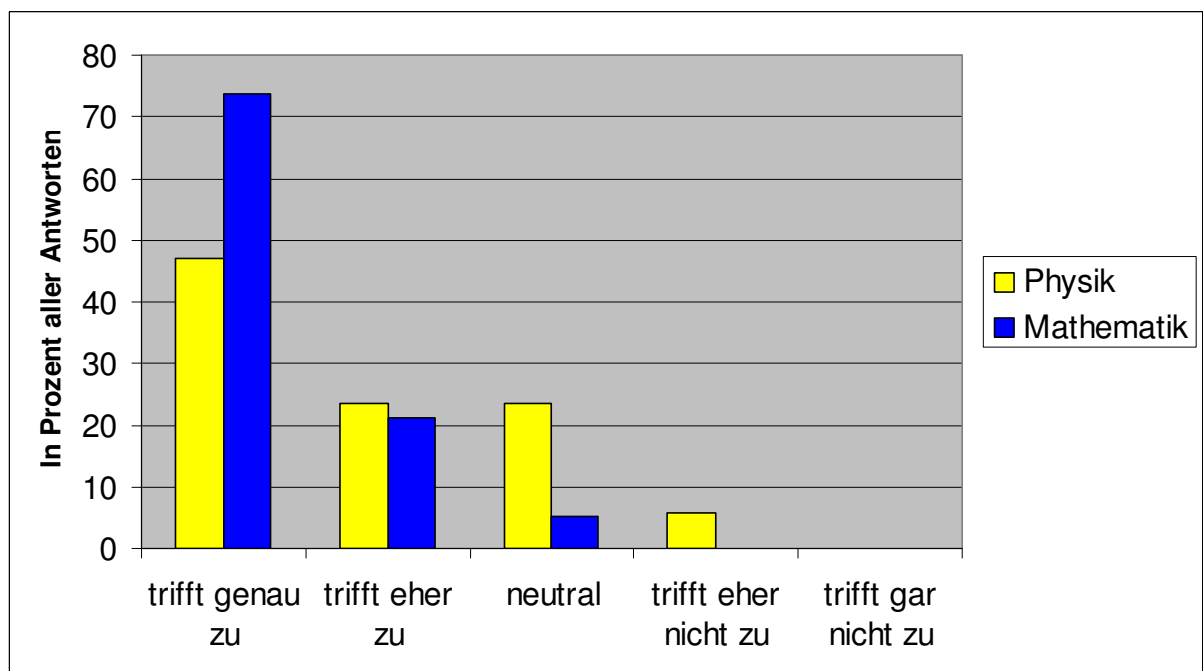


3) Persönliche Stellung zur Physik / Mathematik und zum Physik- / Mathematik-Unterricht

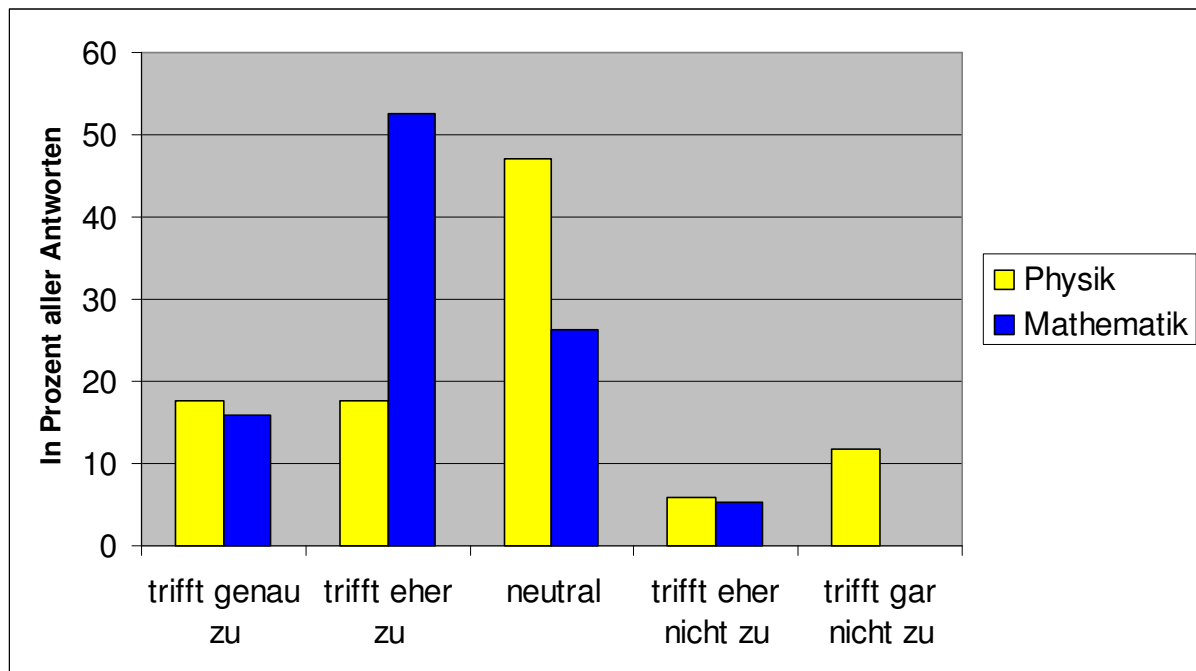
Physik / Mathematik interessiert mich ganz besonders



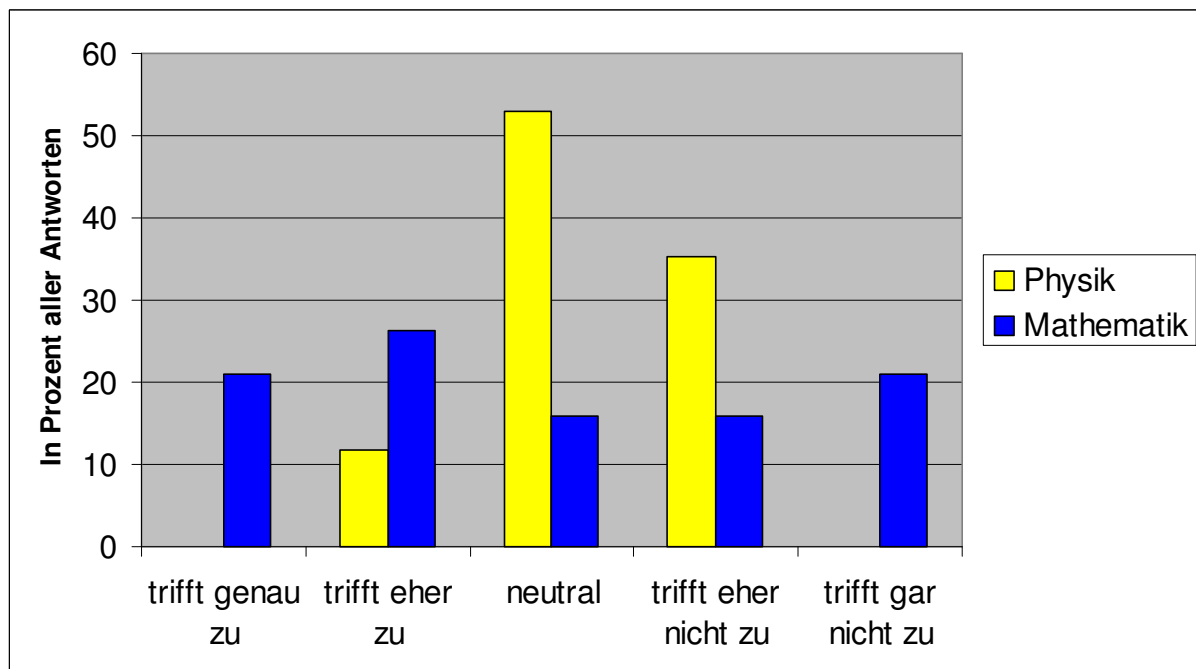
Physik / Mathematik ist ein wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung



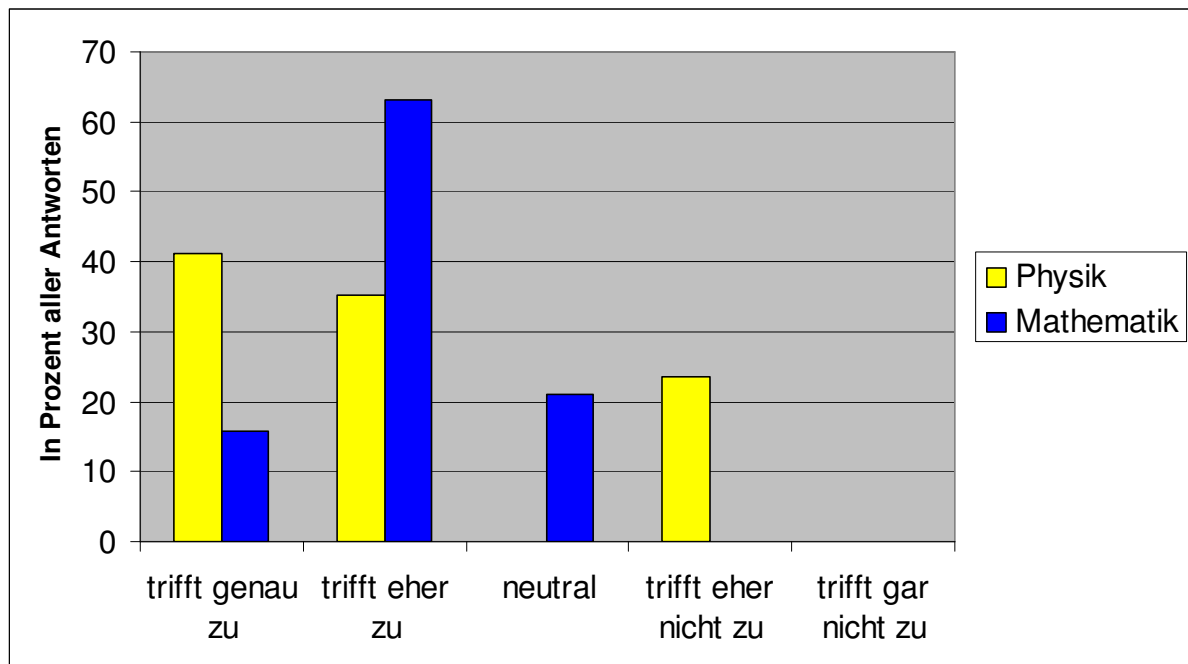
In meinem Berufsleben werde ich mit Physik / Mathematik zu tun haben



Physik / Mathematik halte ich für besonders schwer verständlich



Mit dem bisherigen Physik / Mathematik-Unterricht war ich zufrieden



7.2 Fragebogen 3 und statistische Auswertung

1. Feedback zum Projekt 03.05.2006

1) Bei der Auswahl von physikalischen Lerninhalten wurde geachtet auf (kreuze an!):

	trifft genau zu				trifft gar nicht zu
Weltverständnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kulturelles Erbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Alltagsbewältigung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gesellschaftsrelevanz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wissenschaftsverständnis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Berufliche Orientierung und Studierfähigkeit	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2) Bei der Auswahl von Methoden im Physikunterricht wurde geachtet auf:

Anknüpfen an Vorwissen und Erfahrungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anwendungsbezogenes Lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Erfahrungsgeleitetes Lernen (Schülerexperimente, Referate, selbstständiges Erarbeiten des Stoffes)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wissen in verschiedenen Zusammenhängen anwenden lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
In sozialem Umfeld lernen (Gruppenarbeiten)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mit Unterstützung des Lehrers lernen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3) Zusammenfassend:

Mit dem Projektunterricht war ich zufrieden	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
---	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

4) Weitere Fragen:

Was hat bei diesem Projekt gut geklappt?

Was war besonders interessant?

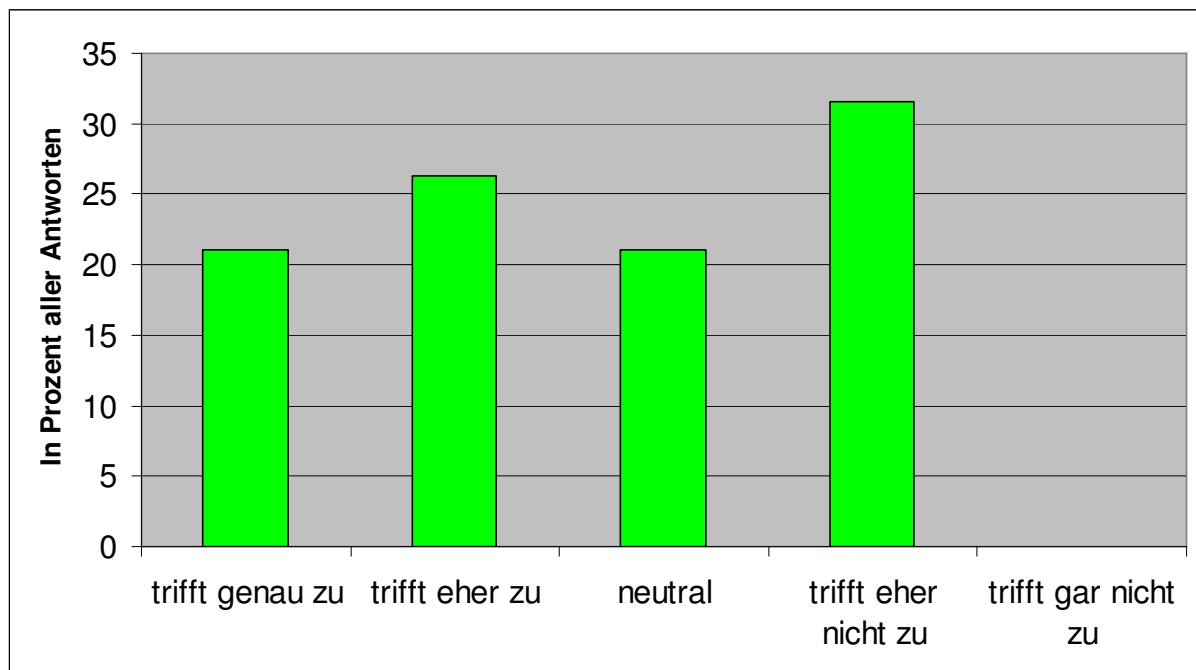
Was war nicht so gut?

Auf welche Weise könnte man das besser machen?

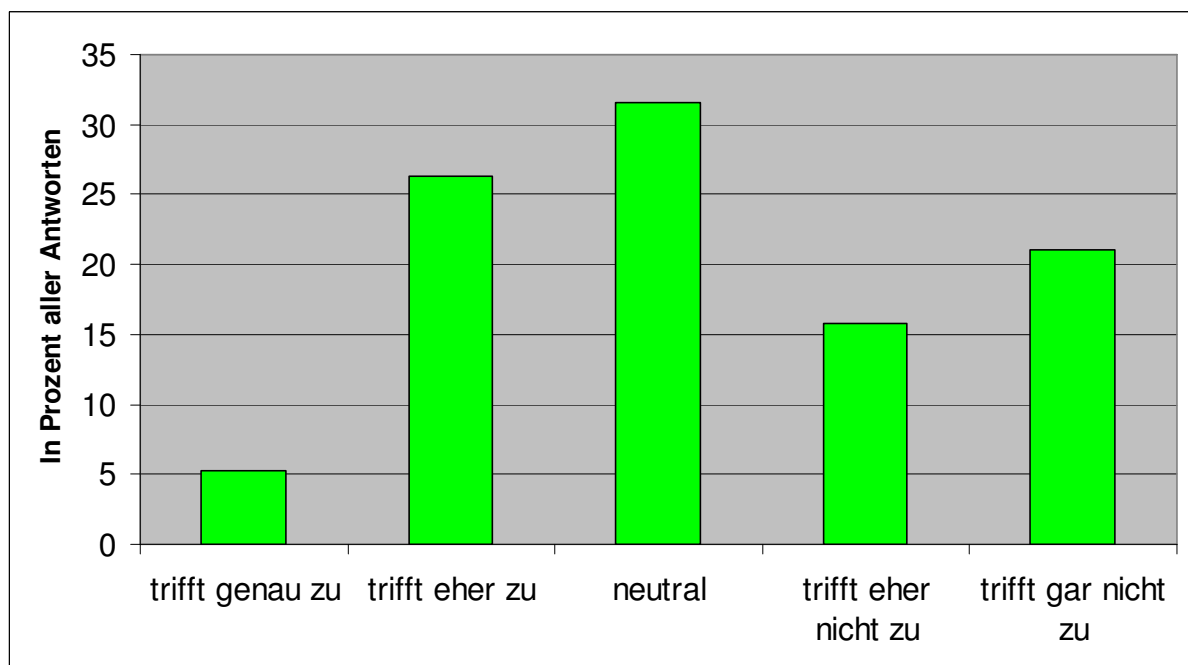
Was hat sich in welcher Weise in deiner Einstellung zur Physik bzw. dem Physik-Unterricht geändert?

Meine Meinung:

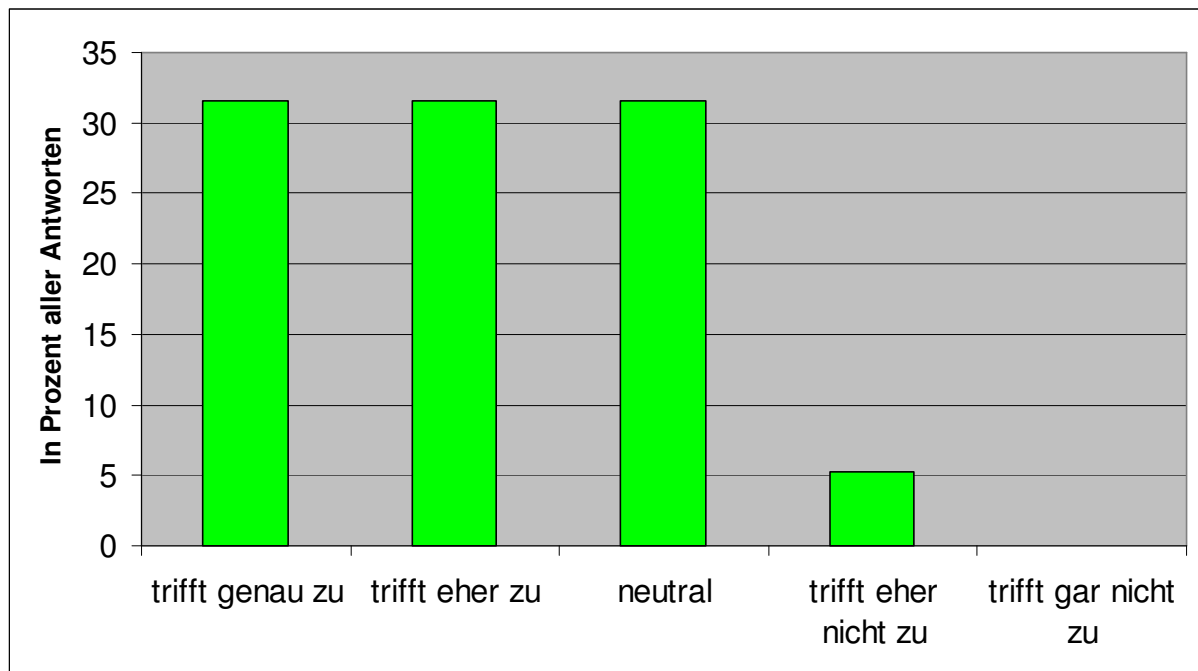
1) Bei der Auswahl von physikalischen Lerninhalten wurde geachtet auf:
Weltverständnis



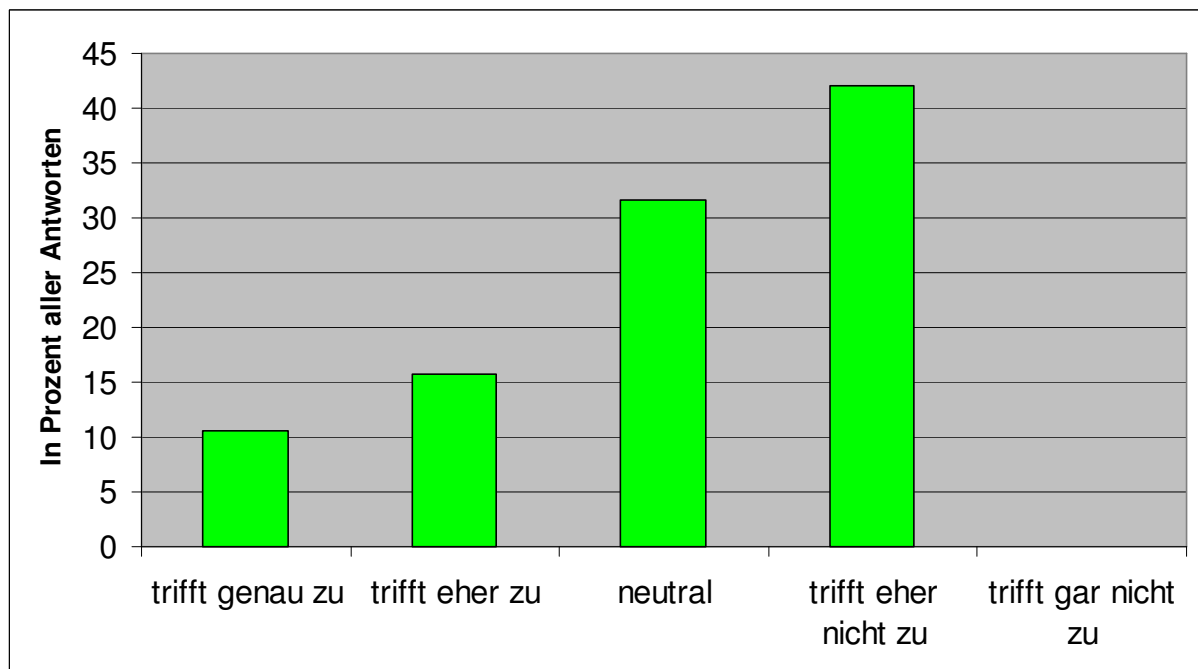
Kulturelles Erbe



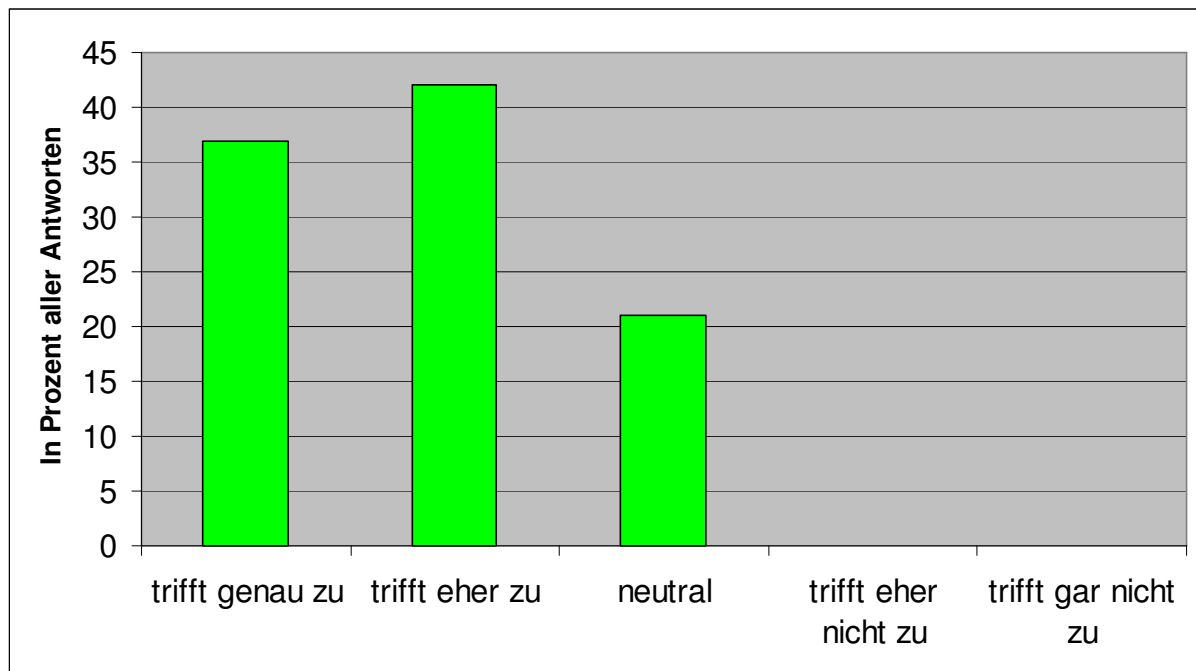
Alltagsbewältigung



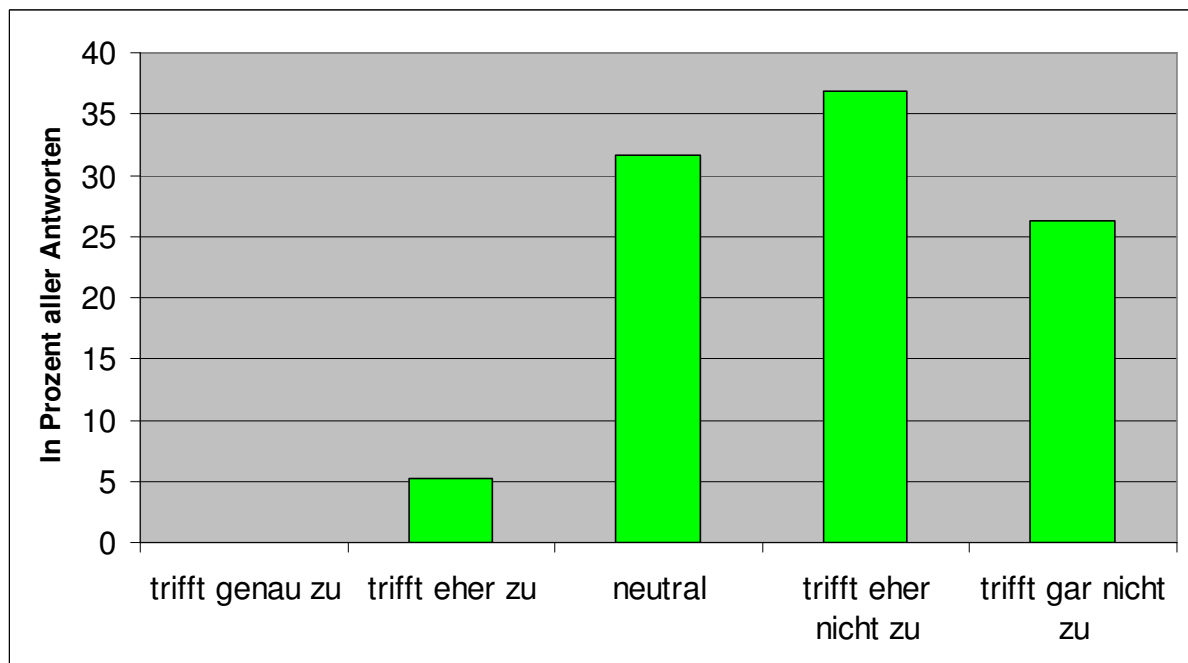
Gesellschaftsrelevanz



Wissenschaftsverständnis

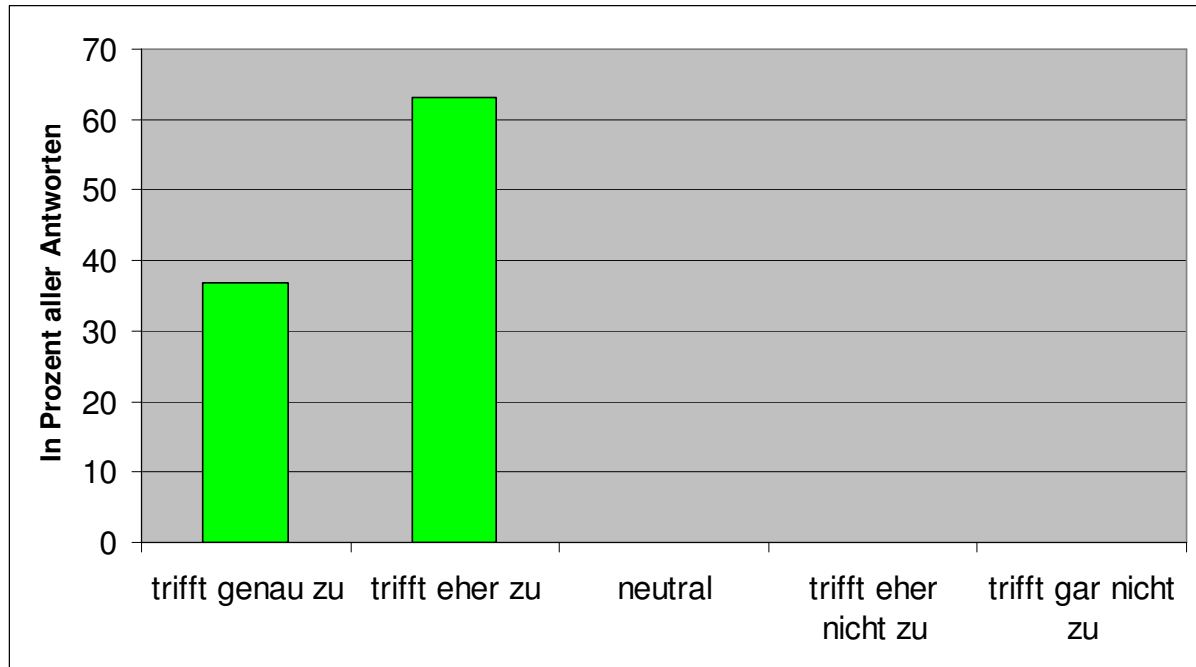


Berufliche Orientierung und Studierfähigkeit

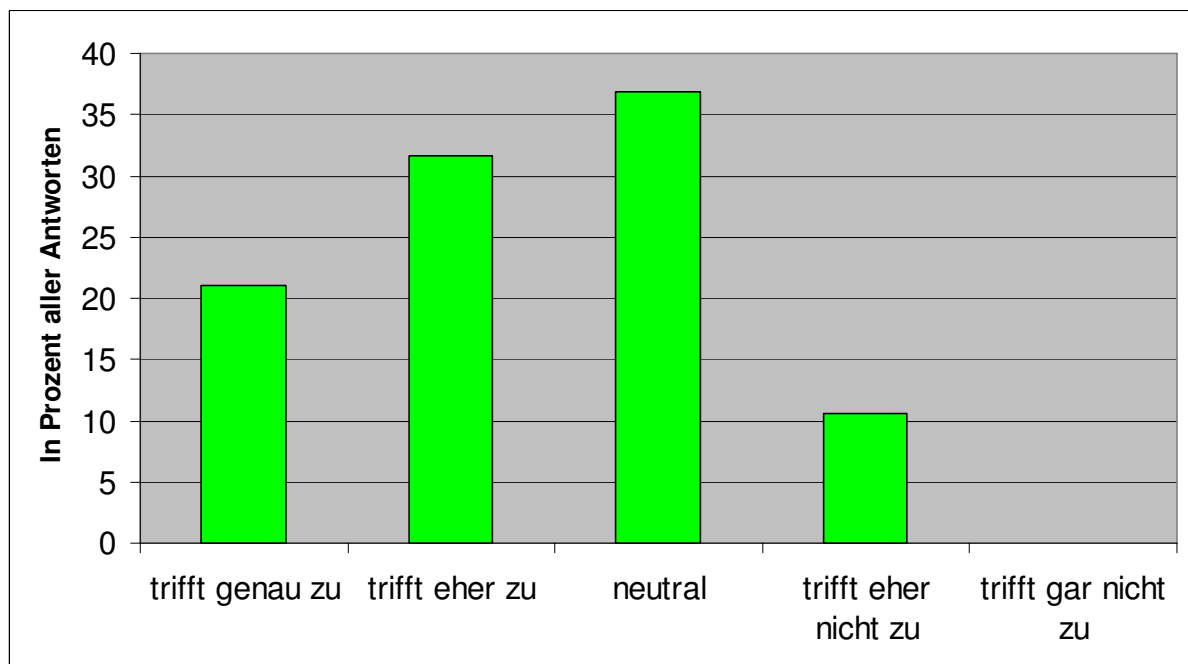


2) Bei der Auswahl von Methoden im Physikunterricht wurde geachtet auf:

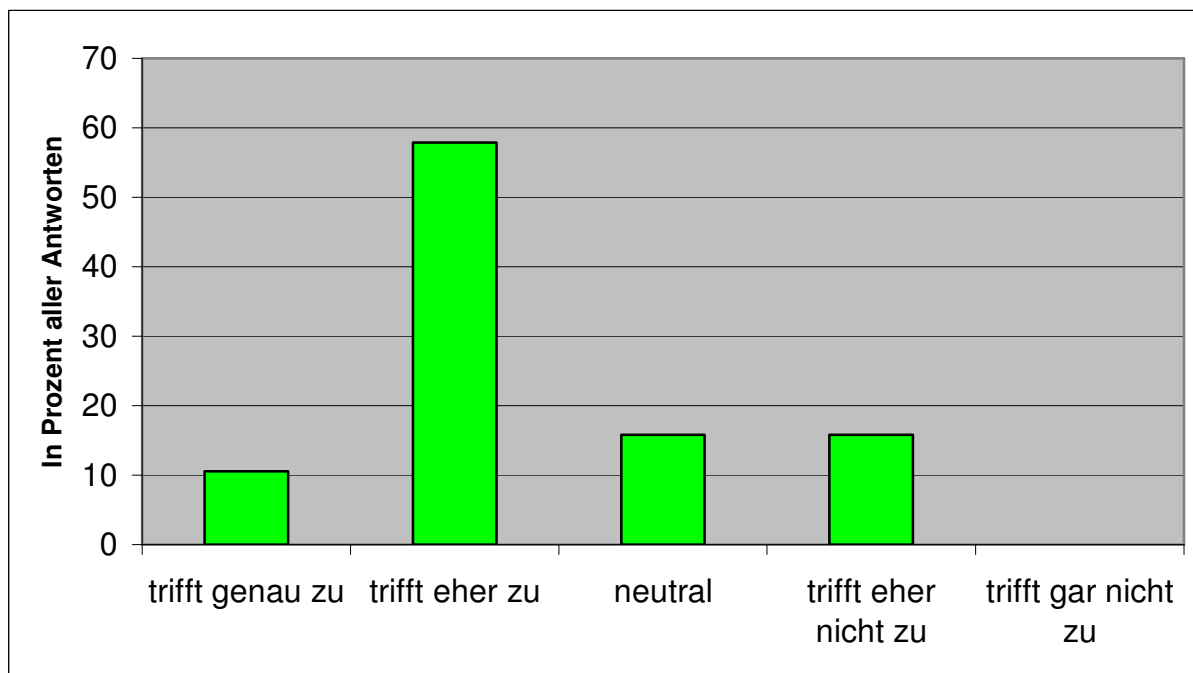
Anknüpfen an Vorwissen und Erfahrungen



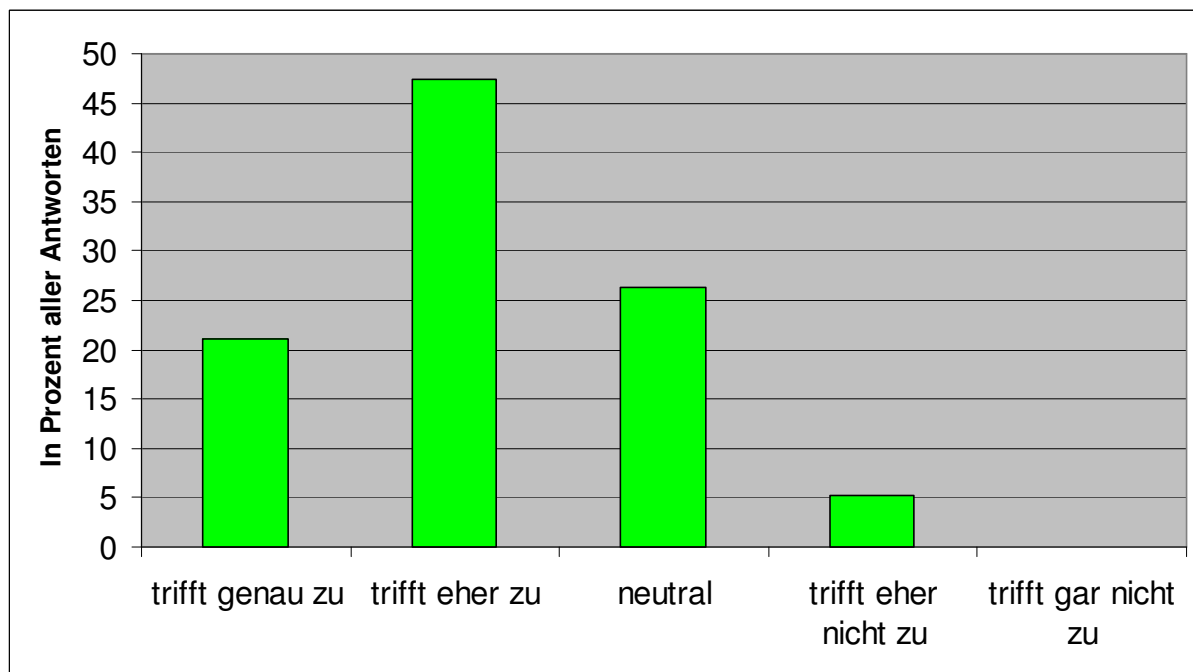
Anwendungsbezogenes Lernen



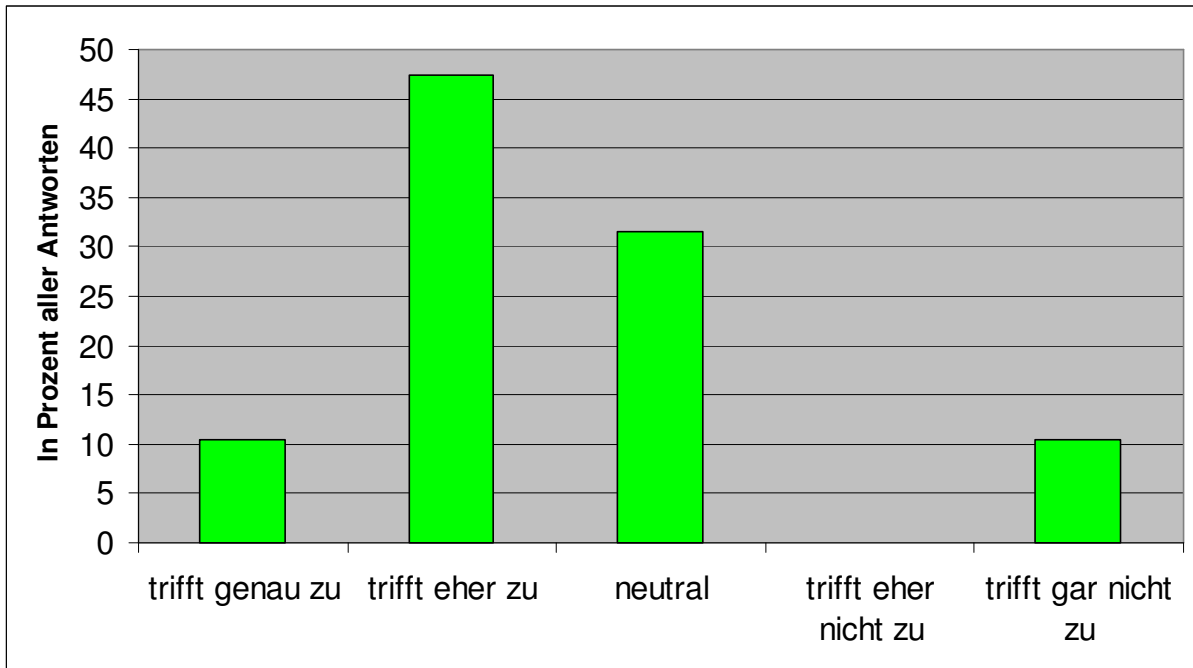
Erfahrungsgeleitetes Lernen



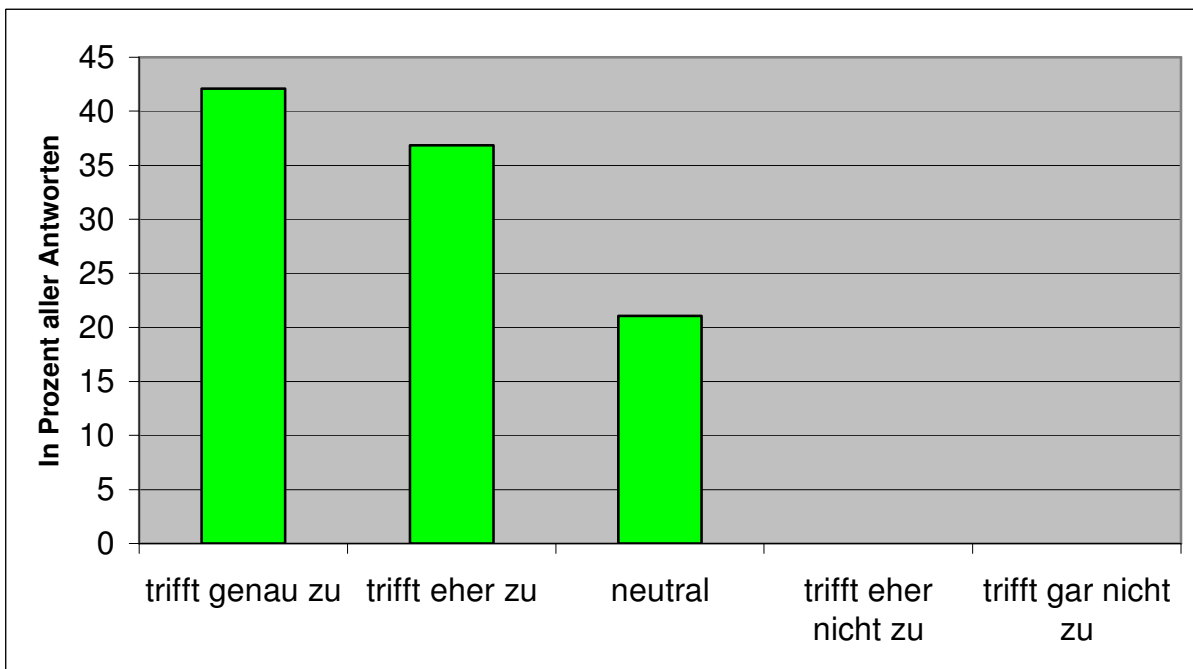
Wissen in verschiedenen Zusammenhängen anwenden lernen



In sozialem Umfeld lernen (Gruppenarbeit)

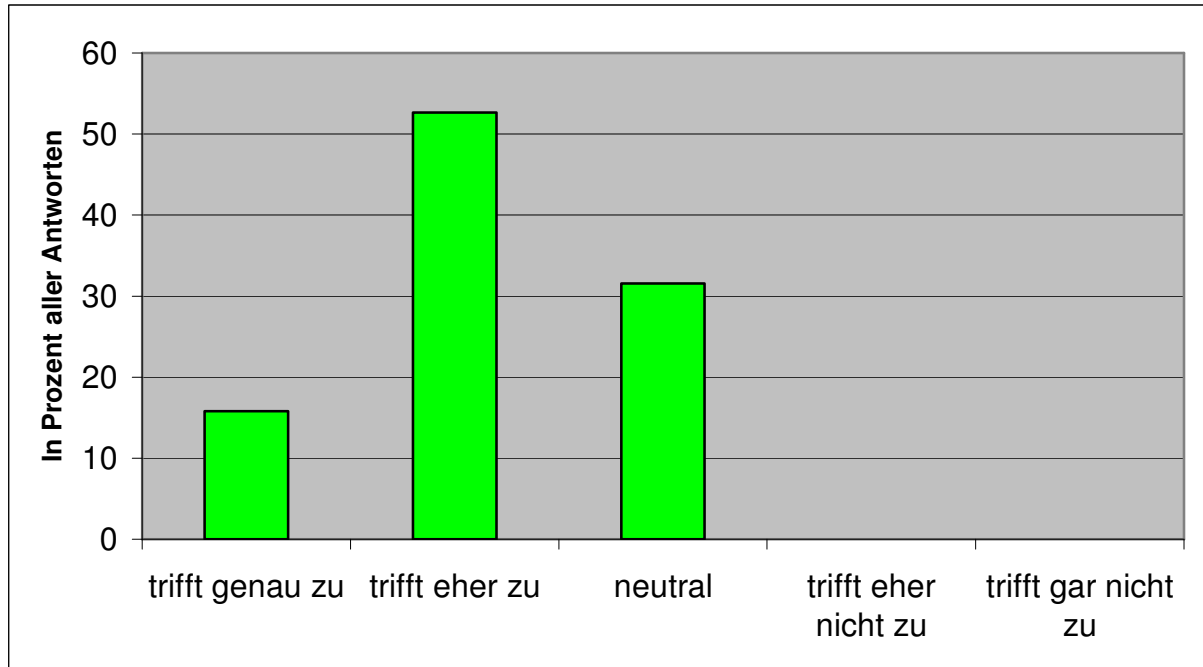


Mit Unterstützung des Lehrers lernen



3) Zusammenfassend:

Mit dem Projekt war ich zufrieden



7.3 Fragebogen 4

Abschließendes Feedback zu IMST-Projekt 2005/06

05.07.2006

- 1) Nenne Beispiele, wo du aus dem Mathematikunterricht für den Physikunterricht profitiert hast:

- 2) Nenne Beispiele, wo du aus dem Physikunterricht für den Mathematikunterricht profitiert hast:

- 3) Was hast du für deinen persönlichen Alltag aus dem heurigen Mathematik- und Physikunterricht profitiert?

- 4) Hast du schon konkrete Berufsvorstellungen? Wenn ja, welche?

- 5) Was, glaubst du, ist von dem durchgenommenen Stoff, den Methoden, den Erkenntnissen, usw. für deinen späteren Beruf, bzw. Studium davon interessant?

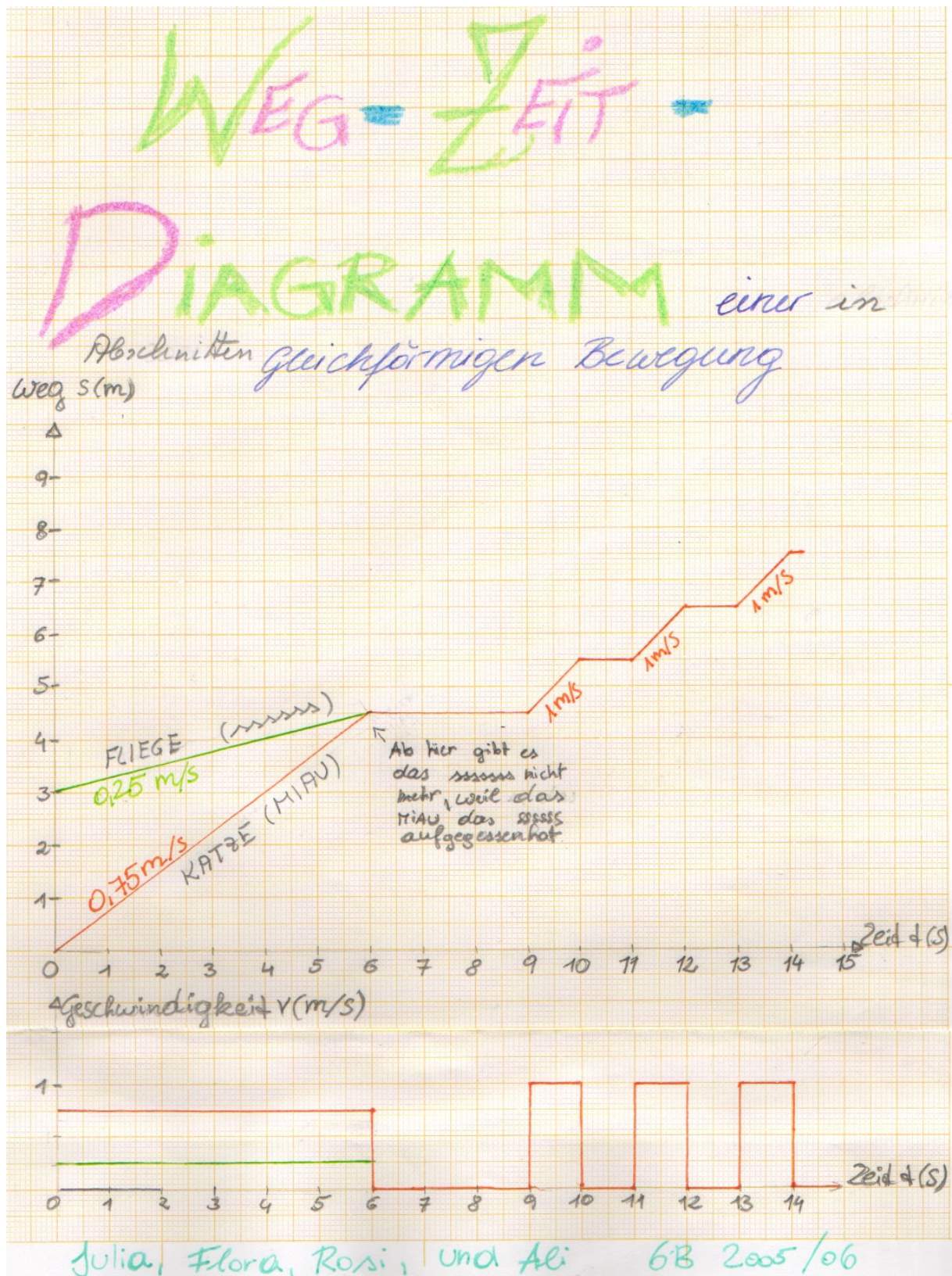
- 6) Was war von all dem Unterrichteten derart interessant, dass es jeder Maturant wissen und können sollte?

- 7) Ist die Verwendung der durch den Computer unterstützten Messtechnik sinnvoll?
Wenn ja, warum?

Fragebogen 4 zu Projekt IMST3/MNI-Schwerpunkt 4

Dr. Gerda Huf-Desoyer

7.4 Schülerinnenarbeit: Zeit-Weg-Diagramm



7.5 Besonders empfehlenswerte Schülerexperimente

Zwei der Arbeitsaufträge für das Praktikum mit NTL-Schülerversuchskästen samt Anleitung:

- Versuch M 2.5: Zusammensetzung von Kräften – Kräfteparallelogramm
- Versuch M 3.1: Zweiseitiger Hebel, zur Veranschaulichung des Begriffs „Drehmoment“ und Anwendung des mathematischen Begriffs „Vektoriell Produkt“

7.6 Schülerinnenarbeit: Formeln umformen

117 a

$$D = \frac{M m v^2}{2(M+m)}$$

- $m = ?$
- $v = ?$

- $m = ?$

$$D = \frac{M m v^2}{2(M+m)} \quad M+m \neq 0$$

$$D = \frac{M m v^2}{2M+2m} \quad | \cdot (2M+2m)$$

$$D \cdot (2M+2m) = M m v^2$$

$$2MD + 2mD = M m v^2 \quad | - 2mD$$

$$2MD = M m v^2 - 2mD$$

$$2MD = m(M v^2 - 2D) \quad | : (M v^2 - 2D)$$

$$\frac{2MD}{(M v^2 - 2D)} = m$$

$$M \cdot v^2 \neq 2 \cdot D$$

- $v = ?$

$$D = \frac{M m v^2}{2(M+m)}$$

$$D = \frac{M m v^2}{2M+2m} \quad | \cdot (2M+2m)$$

$$D \cdot (2M+2m) = M m v^2$$

$$\frac{D \cdot (2M+2m)}{M \cdot m} = v^2$$

$$M, m \neq 0$$

$$D = \frac{M m v^2}{2(M+m)}$$

$$D = \frac{M m v^2}{2M+2m} \quad | \cdot (2M+2m)$$

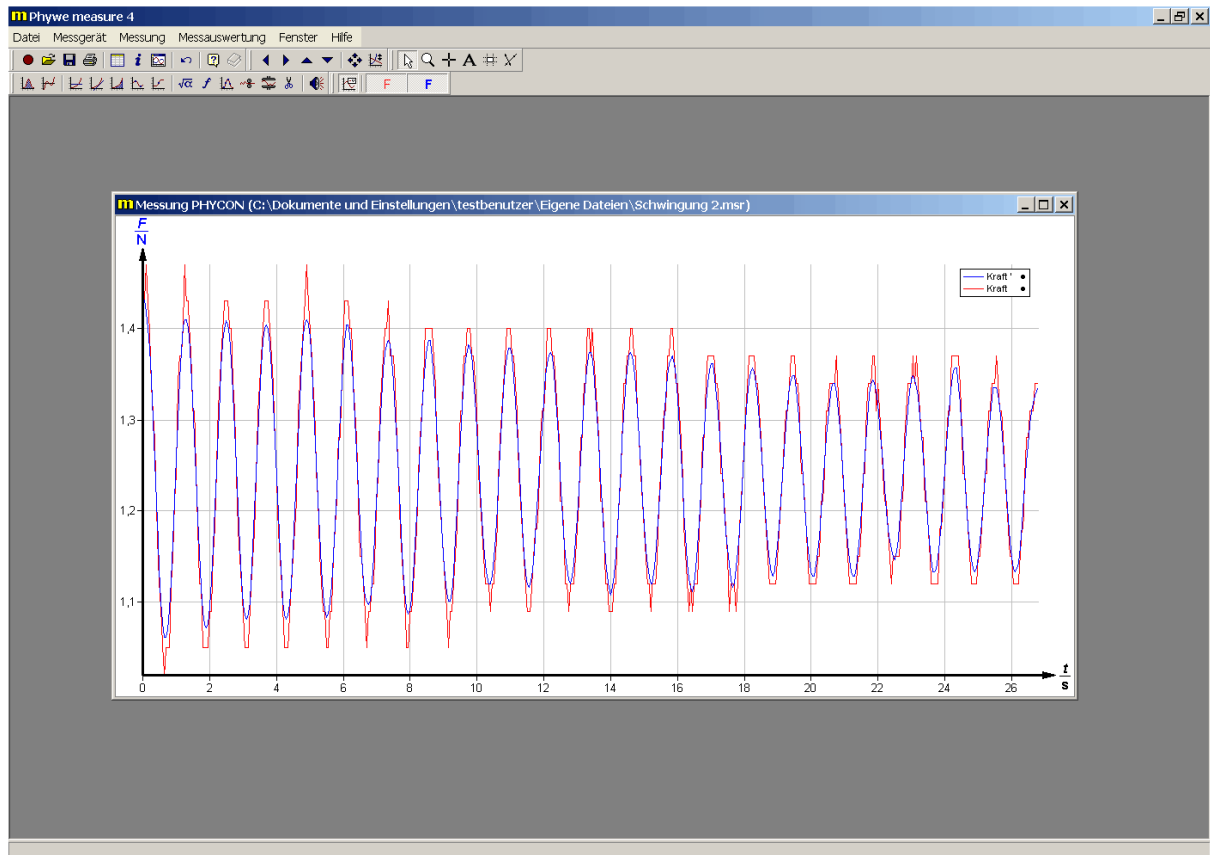
$$D \cdot (2M+2m) = M m v^2$$

$$\frac{D \cdot (2M+2m)}{M \cdot m} = v^2$$

$$M, m \neq 0$$

Lisa Ennenmoser 6a/2006

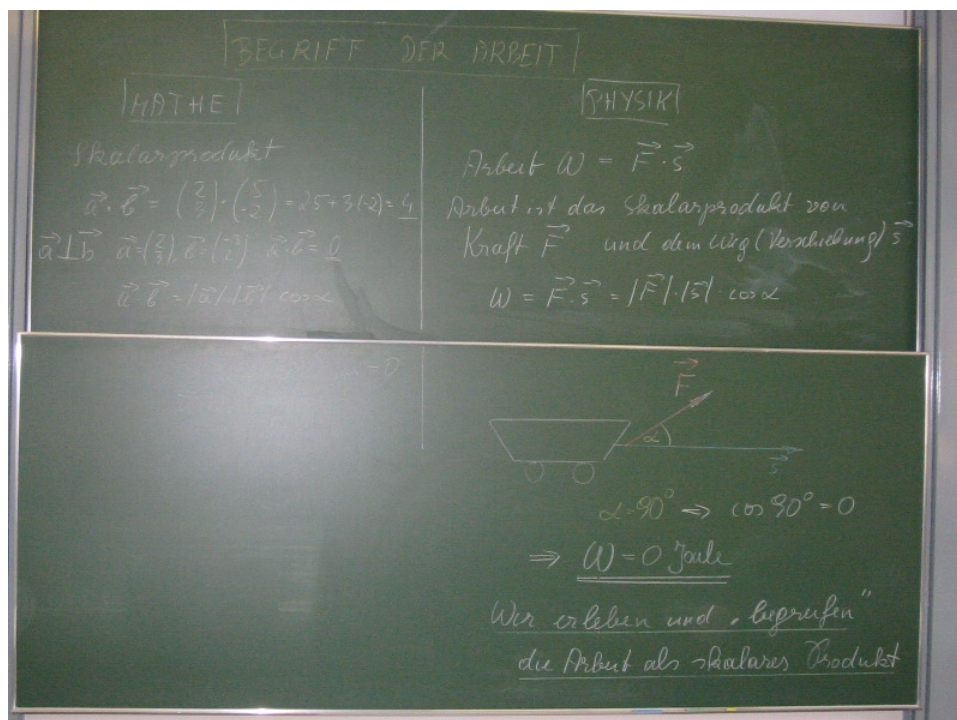
7.7 Screenshot mit PHYCON-Interface



7.8 Bilder aus dem Unterrichtsgeschehen



Skalarprodukt „bereifen“ (oben), Tafelbild zu Kapitel Arbeit (unten)





Addition von Kräften (oben), Harmonische Schwingung (unten)

